



Kernekraft og nuklear sikkerhed 2006

Lauritzen, Bent; Ølgaard, Povl Lebeck; Kampman, D.; Majborn, Benny; Nonbøl, Erik; Nystrup, P.E.

Publication date:
2007

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Lauritzen, B. (Ed.), Ølgaard, P. L. (Ed.), Kampman, D., Majborn, B., Nonbøl, E., & Nystrup, P. E. (2007). *Kernekraft og nuklear sikkerhed 2006*. Risø National Laboratory. Denmark. Forskningscenter Risoe. Risoe-R No. 1604(DA)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

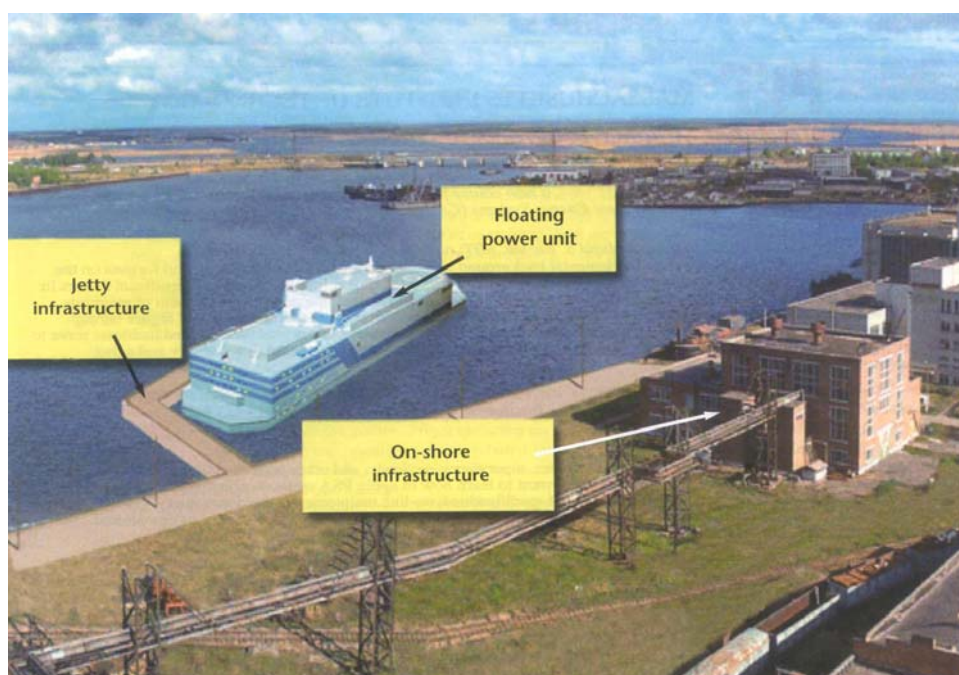
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Kernekraft og Nuklear sikkerhed 2006

Redigeret af B. Lauritzen og P.L. Ølgaard

Risø-R-1604(DA)



Forfatter: Bent Lauritzen og P.L. Ølgaard (eds.), D. Kampman,
B. Majborn, E. Nonbøl, og P.E. Nystrup
Titel: Kernekraft og Nuklear sikkerhed 2006
Afdeling: NUK

Resume:

Rapporten er den fjerde rapport i en serie af årlige rapporter om kernekraft og nuklear sikkerhed. Rapporten er udarbejdet af medarbejdere ved Forskningscenter Risø og Beredskabsstyrelsen og omhandler den internationale udvikling inden for kernekraft med særlig vægt på sikkerhedsmæssige forhold og nukleart beredskab. Rapporten for 2006 dækker følgende emner: Status for kernekraftens el-produktion, regionale tendenser, udvikling af nye reaktorer og beredskabssystemer, sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft samt internationale forhold og konflikter.

Risø-R-1604(DA)
April 2007

ISSN 0106-2840
ISSN 1604-4177
ISSN 1603-9408
ISBN 978-87-550-3596-6

Kontrakt nr.:

Gruppens reg. nr.:

PSP 10008-04

Sponsorship:

Forside :

Russisk projekt for flydende kernekraftværk med tilhørende opankringsmole og tilslutningsnet i land.

Sider: 47
Tabeller: 3
Referencer:

Afdelingen for Informationsservice
Forskningscenter Risø
Danmarks Tekniske Universitet
Postboks 49
4000 Roskilde
Danmark
Telefon 46774004
bibl@risoe.dk
Fax 46774013
www.risoe.dk

Indhold

Forord 4

1 International kernekraftstatus 5

1.1 Kernekraftens el-produktion 5

1.2 Regionale tendenser 5

2 Udvikling af reaktorer og sikkerhed 24

2.1 Reaktorudviklingen 24

2.2 Udvikling af beredskabssystemer 27

3 Nuklear sikkerhed 31

3.1 Sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft 31

3.2 Internationale forhold og konflikter 33

APPENDIKS A: INES, den internationale skala for uheld på nukleare anlæg 37

APPENDIKS B: Internationale organisationer 39

APPENDIKS C: Anvendte forkortelser 42

Forord

”Kernekraft og nuklear sikkerhed 2006” er den fjerde rapport i en serie af årlige rapporter om kernekraft og nuklear sikkerhed. Rapporten er udarbejdet i samarbejde mellem Forskningscenter Risø og Beredskabsstyrelsen og har til formål at informere myndigheder, medier og offentlighed om den internationale udvikling inden for kernekraft med særlig vægt på sikkerhedsmæssige forhold og nukleart beredskab.

Rapporten for 2006 dækker følgende emner: Status for kernekraftens el-produktion, regionale tendenser, udvikling af reaktorer og beredskabssystemer, sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft samt internationale forhold og konflikter.

Følgende medarbejdere fra Risø og Beredskabsstyrelsen (BRS) har bidraget til denne rapport med de afsnit, der er nævnt i parentes efter deres navn:

Dan Kampmann	BRS (2.2 og 3.1)
Poul Erik Nystrup	BRS (1.2)
Bent Lauritzen	Risø (1.1 og 1.2)
Benny Majborn	Risø (1.2)
Erik Nonbøl	Risø (1.1 og 2.1)
Povl L. Ølgaard (konsulent)	Risø (1.2 og 3.2)

1 International kernekraftstatus

1.1 Kernekraftens el-produktion

I 2005 var den globale el-produktion fra kernekraft 2630 TWh, hvilket udgør ca. 15% af den samlede el-produktion. Produktionen var stort set uændret i forhold til 2004, hvilket dækker over en øget produktionskapacitet globalt sammenholdt med en lavere kapacitetsudnyttelse i især USA og Vesteuropa. I Asien steg kapacitetsudnyttelsen i 2005, bl.a. i Japan, hvor sikkerhedsmæssige problemer tidligere har ført til langvarige nedlukninger på mange japanske kernekraftværker.

I 2006 blev to nye kernekraftenheder sat i drift, Tarapur-3 i Indien, en PHWR-enhed på 500 MWe, samt Tianwan-1 i Kina, en 1000 MWe VVER-enhed. Derudover blev effekten øget på en række enheder. Otte mindre enheder blev lukket i årets løb: Jose Cabrera-1 i Spanien, en PWR enhed på 140 MWe, blev lukket den 30. april 2006, mens Bohunice-1 i Slovakiet og Kozloduy-3 og -4 i Bulgarien, VVER-enheder på 400 MWe, samt Dungeness-A1 og -A2 og Sizewell-A1 og -A2 i Storbritannien, Magnox enheder på hhv. 225 og 210 MWe, alle blev lukket den 31. december 2006. Lukningen af den slovakiske og de to bulgarske enheder, der er af russisk design, var et led i betingelserne for de to landes optagelse i EU, Slovakiet pr. 1/5 2004 og Bulgarien pr. 1/1 2007. De britiske Magnox enheder blev lukket, da disse forholdsvis små, ældre enheder ikke længere var økonomisk rentable, mens den spanske PWR enhed blev lukket efter en politisk beslutning.

Ved udgangen af 2006 er der dermed i alt 438 kraftreaktorer i drift på verdensplan. Den installerede effekt er på 369 GWe, hvilket er et fald på ca. 1 GWe i forhold til 2005. Konstruktion af seks nye enheder blev påbegyndt i 2006, heraf tre i Sydkorea: Shin Kori-1 samt Shin Wolsong-1 og -2, alle PWR-enheder på 960 MWe, og to i Kina: Lingao-4, en PWR-enhed på 1000 MWe samt Qinshan II-3, en PWR-enhed på 610 MWe. Endelig startede Rusland konstruktionen af Beloyarsk-4, en FBR-enhed på 750 MWe. Ved udgangen af 2006 var der dermed i alt 29 enheder under opførelse.

Mens udbygningen af kernekraft i Sydøstasien er fortsat siden indførelsen af kernekraft i 1970'erne, har den i Europa og USA de sidste par årtier været stærkt begrænset. I Europa er der i flere lande taget beslutning om at afvikle kernekraft, og enkelte værker er blevet lukket, dog uden at det har ført til en egentlig reduktion i kernekraftproduktionen. At man har undgået nedgang i el-produktionen, trods lukning af flere værker, skyldes opgraderinger af de enkelte enheder samt en bedre udnyttelse af kapaciteten gennem færre driftsstop og kortere eftersyn- og brændselsskiftsperioder.

I de senere år er der i mange lande sket en holdningsændring i forhold til anvendelsen af kernekraft. Udfasningen af kernekraft er visse steder, bl.a. i Sverige, stillet i bero, og i flere lande planlægges en væsentlig udbygning af kernekraften. Globalt planlægges eller overvejes det at opføre op til 130 nye enheder. I Japan, Sydkorea og evt. Pakistan forventes en væsentlig ekspansion i de kommende år. Indien og Kina har ambitiøse mål om at udbygge kernekraften med henholdsvis 20 GWe og 30 GWe inden 2020, og Rusland planlægger at forøge kapaciteten med op til 40 GWe inden 2030. Flere lande, der ikke tidligere har haft kernekraft, overvejer at investere i kernekraft, i Europa bl.a. de Baltiske lande, Polen, Portugal og Tyrkiet.

I Europa har kun Finland og Frankrig taget beslutning om nybyggeri af kernekraft. OECD/NEA forventer ikke, at det europæiske marked vil være modent til en større udbygning af kernekraft, før de politiske risici samt usikkerhederne omkring myndighedsbehandling er mindsket. En vigtig rettesnor for udviklingen i Europa vil være

en evt. britisk beslutning om nybyggeri. Det britiske el-marked er blevet dereguleret og er uden nationale reaktorproducenter efter, at Westinghouse blev overtaget af Toshiba.

Det internationale atomenergiagentur, IAEA, regner med, at kernekraftkapaciteten globalt udvides med 20-40% over de næste 20 år. Tilsvarende toner anslås af OECD's internationale energiagentur (IEA). I sit "World Energy Outlook 2006" regner IEA som udgangspunkt med, at kernekraft udbygges til 416 GWe i 2030, en stigning på ca. 13%. Dette er i modsætning til tidligere prognoser fra IEA, hvor kernekraftkapaciteten efter en kortvarig opbygning ville aftage fra ca. 2010. IEA begrundet sin nuværende fremskrivning i en forventning om, at flere eksisterende værker vil få levetidsforlængelse, samt at behovet for at reducere CO₂-udledningen, højere priser på fossile brændstoffer og bekymringer om forsyningssikkerheden vil øge interessen for bygning af nye kernekraftenheder.

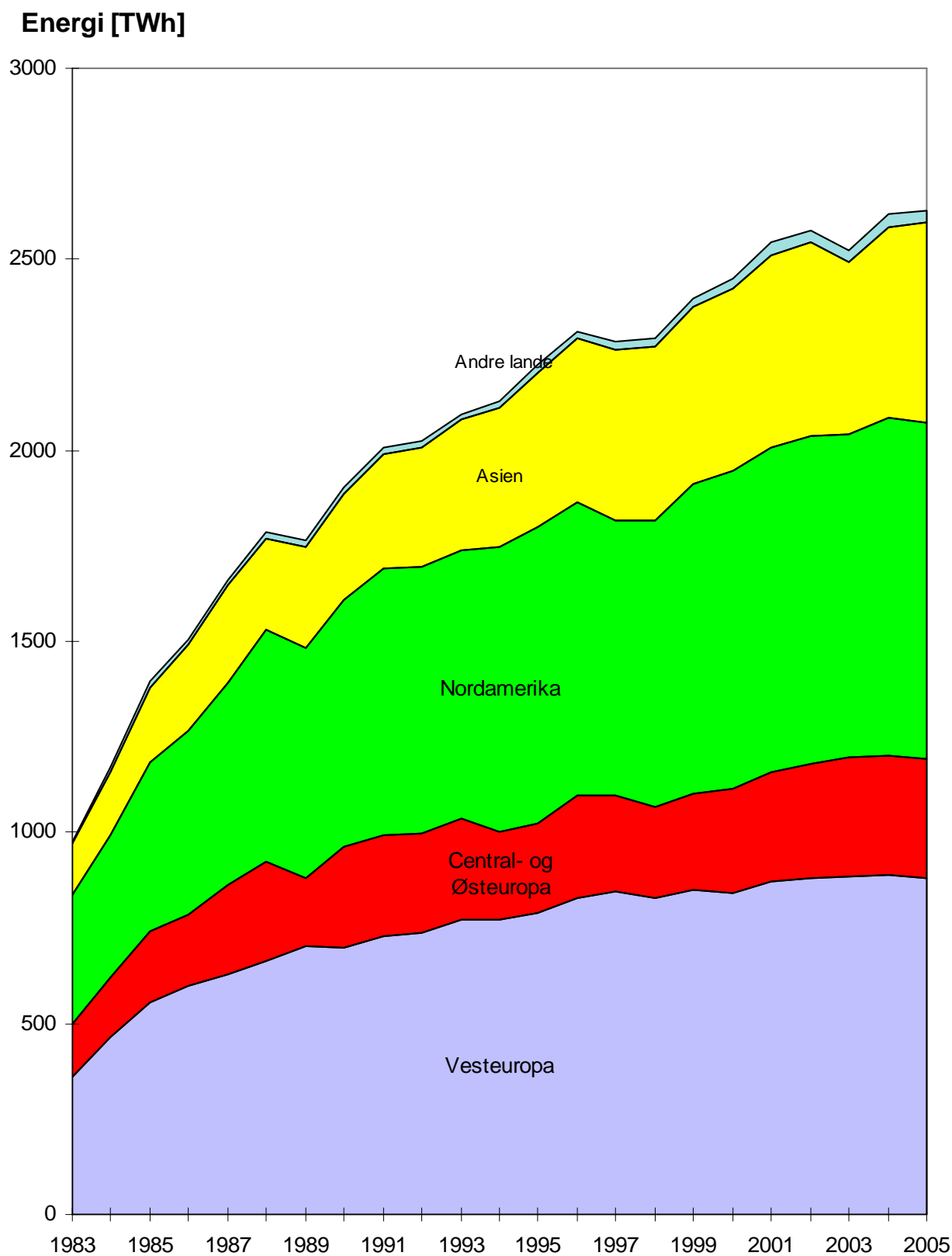
Tabel 1.1 viser den regionale fordeling af kernekraftenheder, den installerede kernekrafteffekt pr. 1. januar 2007, kernekraftens elproduktion i 2005 og kernekraftens andel i den totale elproduktion. Tabel 1.2 viser de samme størrelser for de enkelte lande. I Figur 1.1 er udviklingen i kernekraftens elproduktion i de forskellige regioner vist.

Tabel 1.1. Antal kernekraftenheder, deres installerede effekt og producerede energi samt kernekraftens andel af el-produktionen i forskellige regioner i verden.

	Antal enheder (1/1-2007)	Installeret effekt (GWe) (1/1-2007)	Produceret energi 2005 (TWh)	Andel af el- produktion 2005 (%)
Vesteuropa	130	123,2	878,9	30,1
Central- og Østeuropa	67	46,9	314,0	17,9
Nordamerika	124	113,2	878,1	17,7
Asien	111	81,0	526,8	10,2
Andre lande	6	4,6	28,5	-
Globalt	438	368,9	2626,4	15,3

Tabel 1.2. Antal kernekraftenheder, deres installerede effekt og producerede energi samt kernekraftens andel af el-produktionen i de enkelte lande.

	Antal enheder (1/1-2007)	Installeret effekt (GWe) (1/1-2007)	Produceret energi 2005 (TWh)	Andel af el- produktion 2005 (%)
Vesteuropa				
Belgien	7 PWR	5,8	45,3	55,6
Finland	2 BWR, 2 VVER	2,7	22,3	32,9
Frankrig	1 FBR, 58 PWR	63,3	430,9	78,5
Holland	1 BWR	0,5	3,8	3,9
Tyskland	6 BWR, 11 PWR	20,3	154,6	31,0
Schweiz	2 BWR, 3 PWR	3,2	22,1	32,1
Spanien	2 BWR, 6 PWR	7,5	54,7	19,6
Storbritannien	1 PWR, 4 GCR, 14 AGR	11,0	75,2	19,9
Sverige	7 BWR, 3 PWR	8,9	70,0	46,7
Central- og Østeuropa				
Armenien	1 VVER	0,4	2,5	42,7
Bulgarien	2 VVER	1,9	17,3	44,1
Litauen	1 RBMK	1,2	10,3	69,6
Rumænien	1 PHWR	0,7	5,1	8,6
Rusland	15RBMK, 15 VVER, 1 FBR	21,7	137,3	15,8
Slovakiet	5 VVER	2,0	16,3	56,1
Slovenien	1 PWR	0,7	5,6	42,4
Tjekkiet	6 VVER	3,4	23,3	30,5
Ukraine	15 VVER	13,1	83,3	48,5
Ungarn	4 VVER	1,8	13,0	37,2
Nordamerika				
Canada	18 PHWR	12,6	86,8	14,6
Mexico	2 BWR	1,4	10,8	5,0
USA	69 PWR, 35 BWR	99,2	780,5	19,3
Asien				
Indien	2 BWR, 14 PHWR	3,5	15,7	2,8
Japan	23 PWR, 32 BWR, 1FBR	47,8	280,7	29,3
Kina	8 PWR, 2 PHWR, 1 HTGR	7,6	50,3	2,0
Pakistan	1 PWR, 1 PHWR	0,4	2,4	2,8
Sydkorea	16 PWR, 4 PHWR	16,8	139,3	44,7
Taiwan	6 PWR	4,9	38,4	20,9
Andre lande				
Argentina	2 PHWR	0,9	6,4	6,9
Brasilien	2 PWR	1,9	9,9	2,5
Sydafrika	2 PWR	1,8	12,2	5,5



Figur 1.1. Udviklingen i den samlede producerede energi fra kernekraft inden for forskellige geografiske regioner.

1.2 Regionale tendenser

Vesteuropa

Ni lande i Vesteuropa har kernekraft: Belgien, Finland, Frankrig, Holland, Schweiz, Spanien, Storbritannien, Sverige og Tyskland. I fire af disse lande planlægges kernekraften afviklet (Belgien, Spanien, Sverige og Tyskland), hvorimod den udbygges i Finland og i Frankrig. I Holland er der i 2006 indgået aftale om, at driften af landets eneste kernekraftværk kan fortsætte indtil 2033, hvor værket har været i drift i 60 år. I Storbritannien annoncerede regeringen i 2006, at nye kernekraftenheder skal indgå i planerne for den fremtidige udbygning af elproduktionen som erstatning for bl.a. en række gamle kernekraftenheder, der skal udfases i de kommende år.

Belgien

I 2003 blev der i Belgien vedtaget en lov om gradvis afvikling af kernekraften med lukning af landets kernekraftenheder efter 40 års drift, hvilket indebærer at den første enhed skulle lukkes i 2015. I 2006 har regeringen imidlertid udsendt en rapport om Belgiens udfordringer på energiområdet frem til 2030, hvor det anbefales, at spørgsmålet om afvikling af kernekraften tages op til diskussion igen. Belgien har 7 kernekraftenheder i drift med en samlet kapacitet på 5700 MWe. Kernekraften tegner sig for ca. 55% af Belgiens elproduktion.

Finland

Elselskabet TVO fik i februar 2005 byggetilladelse til Olkiluoto-3 enheden, der dermed bliver landets femte kernekraftenhed. Enheden leveres som et nøglefærdigt anlæg af et Areva/Siemens konsortium og er baseret på Framatome ANP's EPR-design. Enheden får en kapacitet på 1600 MWe og har en samlet byggepris på ca. 3 mia. euro. Ifølge den opridelige tidsplan skulle Olkiluoto-3 enheden sættes i kommerciel drift midt i 2009, men i løbet af 2006 er det blevet klart, at tidsplanen ikke holder. Der er opstået en række forsinkelser, både i arbejdet på byggepladsen og i fabrikationen af de store komponenter til kraftværket. Sidst i 2006 anslog TVO, at værket først kan være i kommerciel drift omkring årsskiftet 2010-2011. Forsinkelserne kan ses i lyset af, at den oprindelige tidsplan var meget optimistisk. Selv om Olkiluoto-3 er den første EPR-enhed, der bygges, blev byggetiden planlagt til 48 måneder, medens den planlagte byggetid for den næste EPR-enhed, Flamanville-3, der opføres i Frankrig, er 54 måneder.

Frankrig

Frankrig har Vesteuropas største elproduktion fra kernekraft med en installeret kapacitet på 63.000 MWe fordelt på 59 kernekraftenheder.

Electricité de France (EdF) har besluttet at bygge en ny kernekraftenhed, Flamanville-3, baseret på det samme EPR-design som er valgt for Olkiluoto-3 enheden i Finland. Flamanville-3 forventes at få en kapacitet på 1630 MWe og planlægges idriftsat i 2012. Flamanville-værket ligger i Normandiet og har i forvejen to 1300 MWe PWR-enheder. Der er gennemført en lokal offentlig høring i 2006 med et positivt resultat for projektet, men antinukleare grupper forsøger at få byggeriet udskudt i lyset af, at der skal være valg i Frankrig i 2007. EdF har gennemført nogle indledende arbejder på byggepladsen i 2006.

Den franske nationalforsamling vedtog i 2006 en politik og plan for håndteringen af radioaktivt affald i Frankrig. For højaktivt og langlivet radioaktivt affald indgår der tre hovedelementer i planen: 1) Separation og transmutation af langlivede

radioaktive stoffer. Studierne på dette område er relateret til udviklingen af en ny generation af reaktorer (generation IV) og til accelerator-drevne systemer. De industrielle muligheder for sådanne systemer skal være vurderet i 2012 med henblik på at etablere et pilotanlæg inden udgangen af 2020. 2) Deponering i en dyb geologisk formation med mulighed for senere optagning. Det er målet, at et deponi kan godkendes inden 2015 og tages i brug i 2025. Der er ikke taget endelig stilling til lokaliteten, men et underjordisk laboratorium er under etablering ved Bure i det nordøstlige Frankrig. Her findes nogle lerforekomster, som anses for velegnede. 3) Midlertidig opbevaring indtil slutdeponering kan finde sted. Undersøgelser skal gennemføres inden 2015 med henblik på etablering af nye opbevaringsfaciliteter og modifikation af de eksisterende efter behov.

Holland

Det har hidtil været planen, at Hollands eneste kernekraftenhed, Borsseleværket, skulle lukkes i 2013 efter 40 års drift. I juni 2006 blev der imidlertid indgået aftale mellem den hollandske regering og værket ejer, EPZ, om, at værket kan fortsætte driften indtil 2033, d.v.s. til enheden har været i drift i 60 år. Aftalen kan ses som et led i Hollands bestræbelser for at begrænse udslippet af CO₂. Det blev samtidig aftalt, at EPZ skal bidrage med ca. 250 mio. euro til andre energiinvesteringer, som også kan bidrage til reduktion af CO₂-udslippet. Den hollandske regering annoncerede endvidere i 2006, at den ønsker at revidere atomenenergi-lovgivningen, så det bliver nemmere at få godkendt nye kernekraftenheder i Holland.

Schweiz

Schweiz har fem kernekraftenheder i drift, som står for ca. 40% af landets elproduktion. Fire af enhederne har en tidsubegrænset driftstilladelse, hvorimod enheden Mühleberg's driftstilladelse udløber i 2012. Selskabet, der ejer Mühleberg-enheden har ansøgt om, at også denne enhed får en tidsubegrænset driftstilladelse, men ansøgningen blev i første omgang afslået af proceduremæssige årsager. Myndighederne har meddelt selskabet, at det kan ansøge igen, men at selskabet i så fald skal anvende en anden procedure.

I juni 2006 meddelte den federale regering i Schweiz, at den fandt det godtgjort, at det er teknisk gennemførligt at foretage en sikker slutdeponering af brugt reaktorbrændsel og højradioaktivt affald i Schweiz. Dermed accepterede regeringen konklusionerne i en rapport udarbejdet af det schweiziske selskab Nagra (National Cooperative for the Storage of Radioactive Waste). Der er ikke taget stilling til en bestemt lokalitet for et schweizisk slutdepot, men der peges på området Zürcher Weinland nord for Zürich, hvor der findes velegnede lerforekomster.

Spanien

I april 2006 blev Spaniens mindste kernekraftenhed Jose Cabrera-1 på 140 MWe taget ud af drift efter 38 års drift. Herefter har Spanien otte kernekraftenheder i drift med en samlet kapacitet på 7450 MWe.

Storbritannien

Kernkraften har i de senere år stået for omkring 20% af den britiske elproduktion, men hvis der ikke opføres nye kernekraftenheder, vil produktionen fra kernekraft være halveret i 2014. De tilbageværende ældre Magnox-enheder er under udfasning og ved udgangen af 2006 lukkede Dungeness A (2 x 225 MWe) og Sizewell A (2 x 210 MWe). Der er herefter 19 kernekraftenheder i drift i Storbritannien med en samlet effekt på 11.000 MWe.

I juli 2006 offentliggjorde regeringen en energirededgørelse, hvor opførelse af nye kernekraftenheder indgår som en del af strategien for at opfylde landets energibehov over de næste 30-40 år. Regeringen ønsker, at der opføres nye kernekraftenheder i Storbritannien, så disse i det mindste kan erstatte de kernekraftenheder, der lukker, men det er op til den private sektor at tage initiativ til at opføre og at drive nye værker.

I oktober besluttede den britiske regering at følge en anbefaling fra en rådgivende komite om, at den bedste løsning for slutdeponering af højradoaktivt affald i Storbritannien vil være dyb geologisk deponering. I løbet af 2007 skal planerne diskuteres og det ventes, at der kan tages beslutning om en proces for udvælgelse af et passende deponeringssted i 2007 eller 2008.

Sverige

Efter at også den anden reaktor på Barsebäck-værket blev taget ud af drift i 2005 er der ti kernekraftenheder i drift i Sverige, fire på Ringshals-værket, tre på Oskarshamn-værket og tre på Forsmark-værket. Den manglende effekt fra Barsebäckværket vil der delvis blive kompenseret for ved at øge den installerede effekt på de øvrige kernekraftværker. Det er planen at øge effekten med 440 MWe på Ringshals-værket, 410 MWe på Forsmark-værket og 250 MWe på Oskarshamn-værket, således at den samlede installerede effekt på de tre værker vil være øget med 1100 MWe i 2011.

Den 25. juli indtraf en hændelse på Forsmark-1 enheden, som blev klassificeret til niveau 2 på INES-skalaen. Det startede med en kortslutning i en 400 kV transformatorstation på anlægget, hvilket fik reaktoren til automatisk at lukke ned. I første omgang fungerede kun to ud af fire uafhængige nødstrømssystemer, som skulle sørge for, at reaktoren var i en sikker tilstand. Det medførte bl.a. at personalet i kontrolrummet i en periode ikke havde adgang til alle de informationer, der indgår i den normale overvågning af reaktoren. Efter 22 minutter lykkedes det at rette op på situationen, så enheden blev bragt i en normal nedlukningstilstand. Den efterfølgende opfølgning på hændelsen resulterede i, at den svenske kernekraftinspektion (SKI) krævede sikkerheden forbedret gennem indførelse af forskellige ændringer af de berørte systemer på Forsmark-1 enheden. Også på enhederne Forsmark-2 og Oskarshamn-1, som er forsynet med næsten identiske nødstrømssystemer, er ændringer blevet gennemført. De to Forsmark-enheder fik tilladelse til at starte igen sidst i september, men hele sagen fik SKI til at kræve forbedringer af sikkerhedskulturen på Forsmark-værket, som blev sat under særligt tilsyn. Ændringsarbejderne på Oskarshamn-1, som er Sveriges ældste kernekraftenhed, krævede væsentligt længere tid, så enheden blev først genstartet i januar 2007.

Den nye svenske regering, der blev dannet efter valget i september 2006, har erklæret, at den ikke vil lukke yderligere svenske kernekraftenheder af politiske grunde, men heller ikke åbne op for, at der bygges nye enheder i regeringens fire-årige valgperiode. Barsebäck-værket vil ikke blive genstartet, men regeringen vil tillade effektforøgelser på de øvrige værker. Holdningen afspejler den energipolitik, de fire regeringspartier blev enige om inden valget.

Tyskland

I 2000 indgik den daværende tyske regering bestående af SPD og De Grønne en aftale med elselskaberne om gradvis udfasning af kernekraft i Tyskland. Aftalen indebærer, at kernekraftenhederne skal lukkes, når deres aftalte produktionskvoter er opbrugt, dog har elselskaberne mulighed for at overføre kvoter mellem de enkelte enheder. Denne mulighed blev oprindeligt aftalt med henblik på at kunne overføre

kvoter fra ældre til nyere enheder, men for elselskaberne er der interesse for også at kunne overføre kvoter fra nyere til ældre enheder for at udsætte lukningstidspunktet til efter et eventuelt regeringsskifte. Den nuværende regeringskonstellation består af partierne CDU og CSU, som er for kernekraft og gerne ser udfasningen stoppet, og SPD, som er imod kernekraft. I regeringsaftalen indgår, at aftalen om udfasning stadig er gældende i indeværende valgperiode, som udløber sidst i 2009. Med de gældende produktionskvoter er der fire kernekraftenheder, der står til lukning inden valget, Biblis-A, som forventes at have opbrugt sin kvote i 2008, og Biblis-B, Brunsbüttel og Neckarwestheim-1, der forventes at have opbrugt deres kvoter i 2009. I september 2006 indgav RWE, som ejer Biblis-værket ansøgning om at måtte overføre 30 TWh fra det nedlukkede Mülheim-Kaerlich værk til Biblis-A, hvilket vil holde Biblis-A i drift indtil andet halvår 2011. Spørgsmålet om en forhøjet produktionskvote til Biblis-A enheden er politisk vanskeligt, da en eventuel tilladelse skal baseres på konsensus mellem forbundskanslerens kabinetschef, økonomiministeren og miljøministeren. De to førstnævnte er fra CDU/CSU og dermed tilhængere kernekraft, hvorimod miljøministeren er fra SPD og dermed modstander af kernekraft.

Central- og Østeuropa

Armenien

Armeniens eneste kernekraftenhed, Metsamor-2, dækker ca. 40% af landets elforbrug. Enheden er forsynet med en VVER-440/230 reaktor, som ikke opfylder de vestlige krav til reaktorindeslutning og nødkøling. Det har været overvejet at sælge Metsamor-2 til det russiske el-distributionsselskab RAO-EES, som står for driften af enheden, men i marts 2006 besluttede regeringen alligevel ikke at sælge enheden. Regeringen frygtede, at landet ville blive for afhængig af Rusland på energiområdet. Regeringen planlægger at bygge en moderne 1000 MWe reaktor til erstatning af Metsamor-2.

Bulgarien

Den bulgarske regering standsede landets sidste to VVER-440/230 enheder, Kozloduy-3 og -4, den 31. december 2006, som et led i betingelserne for Bulgariens optagelse i EU. De to tilbageværende enheder på værket, Kozloduy -5 og -6, har VVER-1000 reaktorer, som er bygget til et vestligt sikkerhedsniveau.

I stedet for de lukkede enheder har det bulgarske, statslige el-selskab NEK planer om at bygge en eller to nye kernekraftenheder. Allerede i 1986-87 begyndte man ved Belene at opføre et nyt kernekraftværk, der skulle bestå af fire VVER-1000 enheder. Byggeriet blev imidlertid indstillet i 1991 efter Tjernobyl-ulykken og de politiske omvæltninger i Centraleuropa. På det tidspunkt var 50-65% af byggearbejdet på den første enhed gennemført. Der er nu skrevet kontrakt om færdigbygning af Belene-1 og -2 med et konsortium, der ledes af det russiske Atomstroyexport og inkluderer Framatome ANP og Siemens. Færdiggørelsen af Belene-1 og -2 anslås at ville koste 4-5 mia. USD. De to nye enheder planlægges at være i drift i 2013-2014.

Georgien

Georgien importerer 60% af sit elforbrug. Samtidigt er landets elforsyning meget ustabil. Landet overvejer derfor at bygge et kernekraftværk for at forbedre forsyningsstabiliteten og landets forsyningsikkerhed.

Hviderusland

Hviderusland planlægger at bygge landets første kernekraftværk for at mindske landets store afhængighed af russisk naturgas. 90% af landets naturgasforbrug kommer fra Rusland. Mogilev-regionen er valgt til placering af et 2000 MWe kraftværk, formentligt bestående af to VVER-1000 enheder, men finansieringen af byggeriet kan blive et stort problem. Der regnes med byggestart i 2008-10 med første enhed i drift i 2015.

Kazakhstan

Regeringen overvejer at bygge et kernekraftværk med to til tre mellemstore reaktorer.

Litauen

Den ene af Ignalina-værkets to kernekraftenheder blev lukket den 31. december 2004, og den anden skal efter aftale med EU lukkes ved udgangen af 2009. For ikke at blive for afhængig af levering af naturgas og elektricitet fra Rusland overvejes det at bygge en ny kernekraftenhed. Litauen har sammen med de to andre baltiske lande undersøgt behovet for en ny kernekraftenhed, og denne undersøgelse pegede på, at der er brug for en reaktor på 800-1000 MWe. Polen er sidst på året indtrådt i dette samarbejde, og det planlægges, at en ny enhed på 1000 – 1600 MWe skal være i drift i 2015. Hvis det besluttet at bygge en ny enhed, vil den komme til at ligge nær Ignalina-værket.

Ignalina-værket har i 2005 indgået aftale på 93 mio. euro om bygning af et lager til opbevaring af 18.000 udbrændte brændselementer fra værkets to enheder. Dertil kommer en kontrakt i 2006 om levering af beholdere til anbringelse af brændslet på lageret for yderligere 65 mio. euro.

Litauen besluttede i marts 2006, at et nyt deponi for radioaktivt affald skal placeres i Maišiagala nær Ignalina-værket. Det skal kunne indeholde 100.000 m³ lav- og mellemaktivt affald og skal kunne udvides, såfremt en ny enhed bygges. Det skønnes, at deponiet vil koste 150-300 mio. USD. EBRD og EU vil betale for deponiet. En VVM-undersøgelse er sat i gang med inddragelse af nabolandet Hvideruslands myndigheder.

Polen

Polen har sidst på året underskrevet en principaftale med Litauen om at indgå i samarbejdet med de baltiske lande om at opføre en ny kernekraftenhed i nærheden af Ignalina. Aftalen omfatter også en 400 kV jævnstrømsforbindelse mellem de to lande, støttet med midler fra EU.

Polen overvejer endvidere at opføre et kernekraftværk i selve Polen.

Rumænien

Rumæniens første kernekraftværk, Cernavoda-1, leverede i 2005 9% af landets elforsyning. Den næste enhed, Cernavoda-2, var stort set færdigbygget ved udgangen af 2006 og forventes i drift i marts 2007. Begge enheder er af CANDU-typen med en effekt på 655 MWe. Forhandlinger er i gang med 15 investorer, der har erklæret sig interesserede i at deltage i finansieringen af færdiggørelsen af yderligere tre, tidligere påbegyndte, CANDU-enheder på værket. Den foreløbige tidsplan er idriftsættelse af enhed 3 i 2013, enhed 4 i 2014 og enhed 5 i 2020.

Rusland

Den russiske Duma har vedtaget en lov om restrukturering af den russiske nukleare industri, hvilket indebærer opbygning af en koncern, der skal omfatte hele den civile kernekraftsektor i Rusland. Koncernen omfatter bl.a. det russiske el-selskab, Rosenergoatom (REA), Atomstroyexport (ASE), der står for eksport af russiske kernekraftenheder, TVEL, der producerer reaktorbrændsel, Technabexport (Tenex), der står for udenrigshandel med reaktorbrændsel, og United Heavy Machinery, der fremstiller tunge komponenter til kernekraftværker. Koncernen ventes at få navnet Atomprom.

Rusland har i 2006 tilsluttet sig Generation IV International Forum.

Rusland er klar til at investere i størrelsesordenen 70 mia. USD i et udbygningsprogram, der vil resultere i færdiggørelse af 40 kernekraftenheder over de næste 25 år. Kernekraftens andel i elproduktionen vil herved stige fra 16% til ca. 25%. En vigtig drivkraft bag denne udbygningsstrategi er det forhold, at der ved eksport af naturgas til vesten betales fem gange så meget som ved salg til russiske elektricitetsværker.

Byggearbejdet på Beloyarsk-4 i Sverdlovsk-regionen, en hurtig formeringsreaktor af BN-800 typen, blev indledt i 1985, men indstillet efter Tjernobyl-ulykken. Arbejdet er genoptaget, og i 2006 er de nødvendige midler blevet bevilliget, så den vil kunne komme i drift i 2012. Beloyarsk-4 vil blive brugt til at afprøve en række forskellige brændselstyper, og den bliver forsynet med en række nye sikkerhedssystemer. Den russiske interesse i hurtige reaktorer skyldes bl.a., at Rusland derved opnår en langt bedre udnyttelse af uranet. Rusland forbruger i dag mere uran, end landet producerer.

Dumaens energiudvalg har netop anbefalet at færdigbygge Kursk-5 enheden, som er 70% færdigbygget, og er forsynet med en RBMK-reaktor. Hvis forslaget vedtages af Dumaen, vil enheden kunne gå i drift i 2010. Reaktoren vil blive færdigbygget som en tredjengenerations-reaktor, der vil være markant sikrere end Tjernobyl-reaktorerne, der er af samme type. Kursk-værkets nuværende fire RBMK-enheder står til at lukkes omkring 2015. Samtidigt overvejes det at bygge en 1800 MW reaktor og en brændselsfabrik på området.

Rosenergoatom (REA) planlægger desuden at færdigbygge to kernekraftenheder inden for de næste 5 år: Volgodonsk-2 skal være færdig i 2009 og Kalinin-4 i 2011. Begge er VVER-1000 enheder.

Efter færdiggørelsen af disse anlæg ventes det, at der sættes op til fire nye kernekraftreaktorer i drift om året. De første nye vil være VVER-1200 reaktorer med typebetegnelsen AES2006, men man fortsætter udviklingen af VVER-1500 reaktorer til de senere udbygninger. I 2012 planlægges Novovoronez-6, også en VVER-1200 enhed, taget i drift.

Der har været offentlige høringer om Leningrad-værkets fase 2, hvor der i første omgang skal bygges to 1160 MWe VVER-1200 enheder med idrifttagelse i henholdsvis 2012 og 2013. På længere sigt skal der bygges i alt seks enheder på det nye værk for at muliggøre dekommissionering af de gamle RBMK-reaktorer i perioden 2019-2026. Der har været planer om etablering af en 1000 MW jævnstrømsforbindelse fra Leningradværket til Helsinki-området for at tjene penge til bygning af de nye reaktorer ved eksport af elektricitet til de nordiske lande, men dette projekt har ikke kunnet opnå de nødvendige tilladelser fra det finske handels- og industriministerium.

Der planlægges nye enheder ved Novovoronezh, Smolensk, Volgodonsk, Tatar, Syd Ural (Yuzhnouralskaya), Leningrad og Kursk. Det federale atomenergiagentur Rosatom arbejder også på at levetidsforlænge Kola-, Balakovo-, Leningrad- og Kursk-enhederne. Foreløbig har Kola-1 og Kola-2 samt Bilibino-1 og -2 enhederne fået deres levetid forlænget med 5 år. Renovering af Leningrad-2 er i gang.

Rusland vil bygge flydende kernekraftenheder til brug for udviklingen af det arktiske Rusland. Den første flydende enhed er bestilt i 2006 til idrifttagelse i 2010. Enheden vil blive bygget på SevMash-værftet i Severodvinsk ved ishavskysten og vil blive stationeret sammesteds. Den vil blive udstyret med en videreudviklet version af isbryderreaktorerne, have en effekt på 70 MWe, og ud over el kunne levere varme og producere ferskvand. Man arbejder også med en 300 MWe enhed til flydende kernekraftværker. Der menes at være mulighed for eksport af sådanne enheder til Kina, Indien og Indonesien. Internt er der et markedspotentiale på op mod 11 flydende atomkraftværker. De første efterfølgere til Severodvinsk-enheden ventes stationeret i Vilyuchinsk og i Pevek-bugten.

Rosatom bygger to VVER-1000 enheder i Kina, ligesom man i samarbejde med Kina bygger en mindre hurtigreaktor nær Beijing. Endvidere bygger Rosatom en VVER-1000 enhed i Iran, og her håber man på at få ordrer på yderligere enheder. Endelig bygger Rosatom to VVER-1000 enheder i Indien. Også her håber man at få ordrer på yderligere enheder. I Indien leverer Rosatom desuden beriget uranbrændsel til Tarapur-værkets to BWR-enheder.

Kurchatov-instituttet har skrevet kontrakt med British Nuclear Group (BNG) om udfærdigelse af en overordnet dekommissioneringsplan. Planen skal foreligge ved udgangen af 2007. I alt forventer Rusland at bruge 10 mio. USD på dekommissionering i perioden 2008-2015. P.t. er fire kernekraftreaktorer, ti plutonium-produktionsreaktorer og tredive forskningsreaktorer nedlukkede og er i forskellige stadier af dekommissionering. Dertil kommer et stort antal atomubåde.

Slovakiet

Den slovakiske regering besluttede i 2004 at sælge 66% af aktierne i det statslige elselsskab, Slovenske Elektrarne, til det italienske el-selskab ENEL for 840 mio. euro. ENEL's investeringsplan omfatter desuden 1,6 mia. euro til færdiggørelse af Mochovce-3 og -4, hver på 405 MWe, i 2011-12. Der forhandles dog stadigvæk med regeringen om indholdet af en incitamentspakke.

Derudover skal de eksisterende reaktorer i Mochovce opnormeres med tilsammen 44 MW i 2007 og yderligere 18 MWe i 2012. Bohunice-3 og -4 skal tilsvarende opnormeres med tilsammen 120 MWe i 2010.

Bohunice-1 blev efter aftale med EU lukket ned den 31. december 2006 og Bohunice-2 skal nedlukkes ved udgangen af 2008. De to Bohunice-enheder er holdt uden for aktiesalget til ENEL og er overført til et dekommissioneringsselskab.

Slovenien og Kroatien

De to lande har i 2006 startet indbetaling til nationale dekommissioneringsfonde, som skal dække omkostningerne ved dekommissioneringen af Krsko kernekraftværket, når dets tekniske levetid udløber i 2023.

Slovenien overvejer at bygge endnu en enhed på cirka 1000 MWe til idriftsætning i 2020.

Tyrkiet

Den tyrkiske regering har i 2006 offentliggjort planer om at påbegynde byggeri af kernekraft, i første omgang med tre kernekraftenheder frem til 2015 og på længere sigt i alt 6000 MW, eller op til 40% af elektricitetsforbruget. Den tyrkiske regering forhandler med AECL (Canada) og Areva (Frankrig) om køb af to kernekraftenheder til idriftsættelse i 2012 eller 2013. Med Areva forhandles der om enheder på 1000-1600 MWe, mens der med AECL forhandles om 750 MWe enheder. De to enheder

skal opføres samme sted, enten ved Middelhavskysten nær Akkuyu eller ved Sortehavskysten nær Sinop.

Ukraine

Der er blevet indgået en kontrakt på 68 mio. euro med Framatome om bygning af en facilitet, ISF-2, til tør opbevaring af brugte brændselselementer fra Tjernobyl-værket. Med senere ændringer er det samlede kontraktbeløb nu 93 mio. euro. Det har dog vist sig, at faciliteten ikke kan fungere som tilsigtet. Et problem er, at en del af elementerne er defekte, idet de indeholder vand, og det er vanskeligt at afgøre hvilke elementer, der er defekte. Et andet er, at Framatome i sit design ikke i tilstrækkelig grad har taget hensyn til den deformation, der sker af reaktorbrændslet under normal drift. Et alternativ er, som oprindeligt planlagt, at alle elementerne skal anbringes i særlige beholdere, et andet, at alle brændselselementer udtørres og anbringes i lufttætte, dobbeltvæggede beholdere. Begge dele vil fordyre projektet yderligere.

Nordamerika

I USA og Canada udgør kernekraft en betydelig andel af el-produktionen, mens Mexico har en enkelt kernekraftenhed i drift. Ligesom i Europa, har der i Nordamerika i de sidste par årtier ikke været nybyggeri af kernekraft af nogen betydning, men i de senere år er enkelte ikke-fuldførte enheder i USA blevet færdigbygget, og i Canada er tidligere nedlukkede enheder blevet genstartet. Under indtryk af de usikre forhold omkring olieforsyningen fra bl.a. Mellemøsten og for at kunne reducere udledningen af kuldioxid til atmosfæren er der øget fokus på kernekraft. I USA og Canada tales der om en påbegyndt renæssance for kernekraft.

USA

I USA ses en stærkt stigende interesse for kernekraft, underbygget af politisk velvilje fra såvel den republikanske regering under George W. Bush som fra kongressen. I præsidentens "State-of-the-Union" tale i begyndelsen af 2006 satte regeringen det langsigtede mål at reducere olieimporten fra Mellemøsten med 75% inden for de næste 20 år. Dette skal ske gennem investeringer i kulfyrede kraftværker uden CO₂-udslip til atmosfæren, i sol- og vindenergi samt i kernekraft. Midtvejsvalget i 2006, som gav Demokraterne flertal i begge kongressens kamre, ventes ikke at få væsentlig betydning for tempoet i udbygningen af kernekraft.

Regeringen vedtog i december 2005 en støtteordning for at fremme nybyggeri af kernekraftenheder. Støtteordningen indeholder tre elementer: Garanti mod forsinkelser ved ansøgning om byggetilladelse, gældende for de seks første nye enheder, der ansøges om, lånegarantier på op til 80% af byggeomkostningerne, samt en skatteletelse på 1,8 US cent/kWh for elproduktion fra nye reaktorer, med et loft på 6000 MWe samlet kapacitet og gældende i foreløbig otte år. Den første del af støtteordningen sigter mod at reducere risikoen og den dermed forbundne usikkerhed og omkostninger ved, at der opstår juridiske eller administrative forsinkelser i myndighedsbehandlingen fra indlevering af ansøgning til NRC til, at en byggetilladelse foreligger.

Siden begyndelsen af året har adskillige af USA's elforsyningsselskaber annonceret planer om nybyggeri af kernekraft, og i slutningen af 2006 forelå der konkrete planer om nybyggeri af op til 25 enheder. Det er imidlertid usikkert, om alle de planlagte projekter bliver gennemført, bl.a. set i lyset af, at den federale støtteordning for nybyggeri er begrænset til de 5-10 første enheder, der bygges. En udbygning i det annoncerede tempo vil endvidere afhænge af, om der i tilstrækkelig grad kan findes underleverandører, bl.a. til produktion af reaktortanke og andre reaktorkomponenter.

Industrien regner med at 12-15 nye enheder kan stå færdige ca. 2015. Flertallet af de planlagte enheder vil blive opført i det sydøstlige USA, hvor den folkelige opbakning til kernekraft er størst. Af de planlagte enheder vil hovedparten blive forsynet med Westinghouse's AP1000 PWR (7 enheder) eller GE's ABWR (5 enheder), mens enkelte enheder er baseret på General Electric's ESBWR og Areva's US EPR. For en del af de planlagte enheder er det endnu ikke besluttet, hvilke reaktorer de skal forsynes med. USA's energiministerium (DOE) forudser også en stigning i kernekraftproduktionen, men er knap så optimistisk som industrien. DOE regner således med at kernekraftkapaciteten i USA i 2030 vil være steget med 3 GWe gennem opgraderinger af eksisterende værker og med 6 GWe fra nybyggeri.

GE's ABWR reaktor samt Westinghouse's System 80+ og AP600 reaktorer er godkendt til det amerikanske marked af den nationale sikkerhedsmyndighed, NRC. Disse design er alle såkaldte generation-III reaktorer. NRC modtog i marts 2002 en ansøgning om godkendelse af Westinghouse's AP1000 design, og denne forventes dermed at blive den første generation-III+ reaktor, der certificeres til det amerikanske marked. Godkendelsesprocessen hos NRC ventes i alt at tage 42-60 måneder.

GE har indsendt en ansøgning til NRC om godkendelse af ESBWR designet, mens Areva ventes at indsende en ansøgning om godkendelse af US EPR-enheden i december 2007. Desuden forventes Pebble Bed Modular Reactor (Pty) Ltd. at indsende en ansøgning til NRC i 2008 om godkendelse af selskabets 175 MWe PBMR design.

Kapitalomkostningerne ved bygning af Arevas US EPR enhed angives til 1800-2000 USD pr. installeret kilowatt, faldende til 1600 USD/kWe ved konstruktion af en serie af reaktorer. Tilsvarende ligger omkostningerne på AP-1000 på 1500-1800 USD/kWe, mens GE angiver en konstruktionspris på 1850 USD/kWe for ABWR enheden og 1600 USD/kWe for ESBWR.

Der foreligger endnu ikke nogen ansøgning om en egentlig bygge- og driftstilladelse (COL). Derimod har i alt fire selskaber ansøgt NRC om en "Early Site Permit" (ESP) til opførelse af nye enheder, alle i tilknytning til eksisterende kernekraftværker: Ved Clinton (Exelon), Grand Gulf (System Energy Resources Inc.), North Anna (Dominion) og senest Vogtle (Southern Nuclear Operating Co.). En ESP er en principstilladelse til opførelse af en kernekraftenhed, der uafhængigt af det påtænkte reaktordesign tager stilling til de sikkerheds- og beredskabsmæssige forhold ved enheden samt til påvirkningen af miljøet. En ESP vil være gældende i 20 år og vil forkorte en senere myndighedsbehandling af en COL ansøgning.

Tennessee Valley Authority (TVA) planlægger at genstarte Browns Ferry-1 enheden og forventer, at dette kan ske i maj 2007. Alle tre Browns Ferry enheder blev lukket i 1984-85, men Browns Ferry-2 blev genstartet i 1991 og Browns Ferry-3 i 1995. TVA har endvidere genoptaget byggeriet af Watts Bar-2 enheden og venter denne færdigbygget i 2013 eller -14. Byggeriet af Watts Bar-2 blev indstillet i 1985, da enheden var ca. 60% færdigbygget.

NRC har i årets løb forlænget driftstilladelsen for otte enheder med hver 20 år, baseret på en vurdering af sikkerheden af enhederne og eventuelle miljømæssige påvirkninger. Dermed har i alt 47 ud af landets 103 enheder fået forlænget deres driftstilladelser. Yderligere otte enheder er under myndighedsbehandling hos NRC med henblik på at få forlænget deres driftstilladelser.

USA's Department of Energy (DOE) forventes at indsende en ansøgning til NRC i juni 2008 om tilladelse til at påbegynde konstruktionen af et affaldsdeponi for brugt brændsel i Yucca Mountain. Det planlagte affaldsdeponi vil tidligst kunne stå færdigt i 2017 under forudsætning af, at myndighedsbehandlingen hos NRC ikke forsinkes. Det planlagte deponi vil kunne modtage 70 000 tons højaktivt affald. Da der i dag findes ca. 55 000 tons radioaktivt aktivt affald opmagasineret ved kraftværkerne, og mængden af affald vokser med ca. 2000 tons om året, vil deponiet i Yucca Moun-

tain allerede inden ibrugtagning skulle udvides, eller også skal der findes en alternativ placering til et deponi for det højaktive affald.

Canada

Canada har 18 kernekraftenheder i drift, hvoraf de 16 enheder ligger i delstaten Ontario. Derudover har fire enheder status som langtids-nedlukkede. I Ontario udgør kernekraft 50-60% af elforsyningen, en andel som ønskes bibeholdt af delstatsregeringen. Driftstilladelsen for Ontarios nuværende reaktorer udløber i årene 2013-2022.

Ved kernekraftværket Bruce har to af værkets otte enheder, Bruce A-1 og A-2, været nedlukket siden hhv. 1997 og 1995. Bruce Power (BP) har søgt om tilladelse til at genstarte disse to enheder samt at renovere de fire Bruce B enheder. BP har endvidere søgt om tilladelse til at forberede opførelsen af endnu en kernekraftenhed i tilknytning til værket. I perioden 2015-2020 står BP over for enten at skulle renovere eller erstatte alle værkets otte enheder.

Ontario Power Generation (OPG), der er operatør af Ontario's Pickering og Darlington kernekraftværker, har ansøgt om en "site preparation licence" for Darlingtonværket med henblik på at kunne opføre en eller flere nye enheder på stedet.

Asien

I Asien har Indien, Japan, Kina, Pakistan, Sydkorea og Taiwan kernekraftværker. Nordkorea har en mindre kernekraftenhed i drift, men formålet med denne er primært at fremstille materiale til kernevåben. I Iran er en kernekraftenhed under bygning.

Indien

Det indiske kerneenergiprogram er opdelt i faser. Første fase er baseret på tungtvandsreaktorer med naturligt uran som brændsel suppleret med letvandsreaktorer med lavt beriget uranbrændsel. Disse reaktorer vil alle producere betydelige mængder plutonium, som kan udvindes af det bestrålede brændsel. I anden fase vil den udvundne plutonium blive brugt som brændsel i hurtige reaktorer, der er forsynet med thorium-kappe, hvori der produceres uran-233. I tredje fase udvindes det dannede uran-233, og det benyttes sammen med thorium som brændsel i tungtvandsreaktorer. Indiens interesse i uran-233 og thorium skyldes, at landets forekomster af uran er begrænsede, mens man har meget store thoriumforekomster.

Indien har to scenarier for udbygningen af kernekraft. I det optimistiske regnes der med en installeret effekt på 11 GWe i 2010, 29 GWe i 2020, 63 GWe i 2030, 131 GWe i 2040 og 275 GWe i 2050. I det pessimistiske regnes der med 9 GWe i 2010, 21 GWe i 2020, 48 GWe i 2030, 104 GWe i 2040 og 205 GWe i 2050.

Tarapur-3, en 490 MWe PHWR-enhed, gik i kommerciel drift i august 2006. Rusland har leveret 60 tons lavt beriget uran til fremstilling af brændsel til Tarapur-1 og -2, som er to amerikanskbyggede 150 MWe BWR-enheder. Indiens ældste kernekraftenhed, Rajastan-1, har været nedlukket i næsten to år p.g.a. reparationer, og det er tvivlsomt, om den nogensinde igen vil komme i drift.

Indien har indgået en aftale med Kina om nukleart samarbejde. Indien forhandler ligeledes med USA om en aftale om samarbejde på det nukleare område (se afsnit 3.2).

Indonesien

Landets nationale atomenergiagentur BATAN har fremlagt planer om bygning af fire 1000 MWe kernekraftenheder på Java. Tilbud på de to første ventes indhentet i 2008 med start på byggeriet i 2010 og idrifttagning omkring 2017. Alle fire enheder skal være i drift i 2025.

Iran

Iran har en 1000 MWe PWR-enhed under opførelse ved Bushehr ved den persiske golf. Værket leveres af det russisk firma Atomstroyexport. Iran og Rusland indgik i september måned en kontrakt om levering af brændsel til reaktoren, der forventes idriftsat i november 2007. Projektet er blevet en del forsinket, men det ser ikke ud til, at de sanktioner, som FN's Sikkerhedsråd vedtog i december p.g.a. de iranske berigingsaktiviteter, vil påvirke færdiggørelsen af enheden.

Japan

Det skønnes, at kernekraft, som i 2005 dækkede 29% af det japanske el-forbrug, i 2030 vil dække 41% af el-forbruget, og at den installerede kernekrafteffekt vil stige fra 48 000 MWe ved udgangen af 2005 til 63 000 MWe i 2030. Japan behøver 13 nye kernekraftenheder i 2017.

Chugoku Electric Power Company forventer at starte bygningen af Shimane-3, en 1375 MWe ABWR-enhed i det sydvestlige Japan omkring årsskiftet 2006/2007. Enheden ventes i drift i 2011. Starten af bygningen af to nye enheder ved Tsuruga-værket, Tsuruga-3 og -4, som er to 1540 MWe APWR-enheder, og som Mitsubishi skal levere, er blevet forsinket p.g.a. myndighedskrav om yderlige oplysninger og vil først blive indledt i 2010. De to enheder ventes nu i drift i 2016 og 2017.

Der har været arbejdet med at forbedre jordskælvssikkerheden på nogle kernekraftenheder. De japanske el-værker vil gerne øge kernekraftenhedernes driftsperioder fra 12 til mellem 18 og 24 måneder for at øge el-produktionen og mindske affaldsmængden, men ønsket er stødt på politiske vanskeligheder. Det samme gælder øget brug af MOX-brændsel for at nedbringe plutoniumlagrene. To enheder, Hamaoka-5 og Shika-2, har haft turbineproblemer p.g.a. en designfejl hos turbineleverandøren.

I det forløbne år har de tre store japanske firmaer, som leverer kernekraftenheder, indgået samarbejdsaftaler med eller opkøb af udenlandske reaktorfirmaer. I begyndelsen af året udbød det britiske BNFL Westinghouse til salg, og dette firma blev købt af Toshiba (73%) med det amerikanske Shaw-gruppe (20%) og det japanske firma Ishikawajima-Harima Heavy Industries (3%) som medejere. Prisen er 5,4 mia. USD. En komplikation ved købet er, at Toshiba i forvejen har en samarbejdsaftale med Westinghouse's konkurrent General Electric om kogendevandsreaktorer. Mitsubishi Heavy Industries har indgået en aftale om strategisk partnerskab med det franske Areva om udvikling af en 1000 MWe LWR-enhed. Et problem er her, at Mitsubishi har en samarbejdsaftale med Westinghouse. Endelig planlægger Hitachi at indgå partnerskab med General Electric, idet GE vil købe 40% af Hitachis nukleare aktiviteter, mens Hitachi køber 20% af GE's.

Afprøvning af det japanske anlæg ved Rokkasho i Aomori-præfekturet til oparbejdning af udbrændt brændsel blev indledt omkring 1. april 2006. Afprøvningen vil vare i 17 måneder, og kommerciel drift af anlægget ventes medio 2007. Anlægget har kostet 15 mia. USD. Mængden af bestrålet uran, der behandles i anlægget vil gradvis blive øget. I anden halvdel af 2007 vil 160 tons udbrændt brændsel blive behandlet. Fuld kapacitet på 800 t/år vil først blive nået i 2010. Et anlæg til fremstilling af MOX-brændsel med en kapacitet på 160 t/år ventes færdigt i 2012.

I Japan foregår der udvikling såvel af hurtige formeringsreaktorer som af højtemperaturreaktorer. Begge overvejes anvendt til brintproduktion. Mitsubishi arbejder med udvikling af såvel en 1500 MWe PWR-enhed til det japanske som en 1700 MWe PWR-enheder til det amerikanske marked.

Kazakhstan

Kazakhstan har indgået aftaler med Rusland om udvikling af små og mellemstore kernekraftenheder, med Ukraine om samarbejde om bygning af kernekraftenheder i landet og med EU om samarbejde om den fredelige udnyttelse af kerneenergi. Kazakhstan har også indgået en aftale med Japan om på længere sigt at indføre kernekraft i Kazakhstan og om etablering af en ny uranmine i landet.

Den store internationale interesse for samarbejde med Kazakstan skyldes nok i væsentlig grad ønsket om at få andel i landets store uranforekomster. Kazakhstan har verdens femtestørste uranressourcer og er den tredjestørste uranproducent efter Australien og Canada. Kazakhstan planlægger at udvide sin uranproduktion fra knap 4000 t/år i 2004 til 15000 t/år i 2010.

Kina

Kina forventer at have 40 GWe kernekraft i drift i 2020 mod 7,6 GWe i dag. De 40 GWe vil dog kun dække ca. 4% af Kinas elforbrug i 2020. Landet har en meget betydelig aktivitet på kernekraftområdet.

Der blev i 2004 under den 10. femårsplan indhentet tilbud på fire kernekraftenheder hos Westinghouse, Areva og Atomstroyexport, to til opførelse ved Samen sydvest for Shanghai og to ved Yangjang i Guangdong-provinsen i Sydøstkina. Afgørelsen er flere gange blevet udskudt, men ordren blev i december givet til Westinghouse, som skal levere fire AP-1000 PWR-enheder. Den 11. femårsplan (2006-2010) vil formentlig omfatte bygning af 6-10 kernekraftenheder, alle PWR-enheder. Landets førende reaktorfirma, China National Nuclear Corporation (CNNC), har indgået en aftale med det statslige el-selskab China Huadian Corporation om i et joint venture at bygge op til seks 1000 MWe enheder ved Fuqing i den østlige Fujian-provins. Der planlægges også en enhed ved Hongyanhe i Liaoning-provinsen og ved Taohuajiang i Hunan-provinsen. Sidstnævnte enhed vil blive den første, der ikke ligger ved Stillehavskysten.

Tianwan-1, en russisk leveret VVER-1000 enhed, blev koblet til nettet i maj måned. Tianwan-2, der også er en VVER-1000 enhed, kobles først til nettet i 2007. De to Tianwan-enheder er ca. tre år forsinkede, primært fordi dampgeneratorerne ikke var tilstrækkelig beskyttede under søtransporten fra Rusland til Kina, hvorfor der opstod korrosionsproblemer. Det ventes, at der vil blive bygget yderligere to VVER-1000 enheder ved Tianwan-værket. I maj måned indledtes bygningen af Quinshan-3 og -4 enhederne i Zhejiang-provinsen i det østlige Kina, begge 650 MWe enheder af kinesisk design. Bygning af Lingao-3, CNNC's første 1000 MWe enhed, som er baseret på fransk teknologi, blev startet i december 2005, og bygningen af Lingao-4, også på 1000 MWe, indledtes i juni 2006.

CNNC arbejder med udvikling af en 1000 MWe PWR-enhed, China Nuclear Plant eller CNP-1000. Sydkorea, der gerne vil ind på det kinesiske marked, har tilbudt samarbejde om CNP-1000. Den første CNP-1000 enhed planlægges bygget ved Fangjiashan i Zhejiang-provinsen, hvor yderligere en CNP-1000 enhed ventes bygget. Serieproduktion af CNP-1000 forventes indledt i 2016. CNNC arbejder også med udvikling af CNP-enheder med andre effekter (300, 600 og 1500 MWe). Selvom trykvandsreaktortypen er den dominerende i de kinesiske kernekraftværker, arbejdes der også med udvikling af højtemperaturreaktorer (HTR). Design af en 165 MWe HTR er i gang, og såfremt finansieringen går i orden, er planen at starte byg-

ning af enheden i 2008 til idrifttagning i 2012-13. Kina har søgt om at komme med i det amerikansk ledede Generation IV International Forum.

For at sikre brændselsforsyningen til landets kernekraftenheder overvejer Kina at bygge et nyt berigningsanlæg. Landets nuværende berigningsanlæg er baseret på russisk centrifugeteknologi og har en kapacitet på 1 mio. SWU/år. Kinas første kommercielle kemiske oparbejdningsanlæg ventes i drift i 2020.

Malaysia

Der gennemføres i den nuværende femårsplan et energistudie, der også omfatter kernekraft. Landet har behov for to kernekraftværker, som skal være i drift omkring 2020.

Pakistan

Pakistan planlægger at have 8800 MWe kernekraft i drift i 2030, hvilket hovedsageligt skal opnås gennem samarbejde med Kina. Pakistan har i dag to kernekraftenheder med en samlet effekt på 425 MWe i drift samt en enhed på 325 MWe, Chasnupp-2, under bygning. Denne enhed skal være i drift i 2011 og leveres af Kina. Pakistan forhandler med Kina om levering af to 1000 MWe PWR-enheder, som CNNC er ved at designe. Pakistan forhandler også med Kina om køb af yderligere fire til seks 300-500 MWe enheder.

Sydkorea

Korea Hydro & Nuclear Power Co. (KHNP) indledte i 2006 bygningen af de to Shin Wolsong-1 og -2 1000 MWe enheder i Nordgyeongsang-provinsen. De skal være færdige i 2011 og 2012. KHNP har indgået kontrakt om bygning af Shin Kori-3 og -4 nær Pusan, to APR-1400 MWe enheder. Byggetiden fra betonstøbning til drift vil være 4-5 år. Prisen på de to enheder bliver 5 mia. USD. Den producerede el vil blive ca. 15% billigere end el fra et stort kulfyret værk. Bygningen af Shin Kori-3 vil blive startet i 2008 og idriftsat i 2013. KHNP planlægger at bygge to APR-enheder ved Shin-Ulchin; de skal være i drift i 2015 og 2016. Yderligere to enheder overvejes sammesteds. KHNP planlægger effektførogelse på fire kernekraftenheder samt udskiftning af trykrørerne på Candu-6 enheden Wolsong-1.

Doosan Heavy Industries and Construction Co. Ltd, som er Sydkorea's kernekraft-firma, har udviklet såvel en APR-1400 som en OPR-1000 (Optimized Power Reactor). Doosan sigter mod at levere kernekraftenheder såvel til Sydkorea som til Kina, Vietnam og Indonesien. Korean Atomic Energy Institute arbejder med udvikling af en mindre PWR-enhed til eksport. Enheden kaldes SMART, som står for System-integrated Modular Advanced Reactor. Oprindeligt var det planen at bygge en lille 65 MWe prototype, men der var problemer med at skaffe de nødvendige midler. Dernæst planlagde man en 330 MWe enhed, men den synes nu opgivet til fordel for en 660 MWe enhed. Om der kan skaffes midler til at bygge denne er endnu ikke sikkert, men eksport af enheden forudsætter, at der først er bygget en prototype i Sydkorea.

Det er blevet besluttet at bygge et underjordisk deponi for mellem-og lavaktivt affald i en klippeformation i Gyeongju. Fire forskellige områder i Sydkorea er blevet undersøgt, men Gyeongju blev valgt, fordi 90% af befolkningen i området gik ind for etablering af deponiet der.

Taiwan

Taiwans regering har givet den nødvendige bevilling til færdiggørelse af de to Lungmen ABWR-enheder, der er 63% færdigbyggede. Driften, der oprindeligt var

planlagt til at starte i 2006 og 2007, er blevet forsinket p.g.a. regeringens modstand mod kernekraft, og de vil først komme i drift i 2009 og 2010. Regeringen fik projektet standset i 2000, men en kendelse i Taiwans højesteret tvang regeringen til at ændre holdning. Regeringen fremsatte i 2003 et lovforslag om udfasning af kernekraften i landet, men det venter stadig på at blive behandlet i Taiwans parlament.

Vietnam

Det er blevet meddelt, at Vietnam vil indhente tilbud på en nøglefærdig kernekraft-enhed, formentlig hos Areva (Frankrig), AECL (Canada), Atomstroyexport (Rusland) samt muligvis også hos japanske og sydkoreanske firmaer. Byggeriet planlægges at ske i perioden 2011-2017. Landet forventer at have en kernekrafteffekt på 2000-4000 MWe i 2020.

Andre lande

Uden for Asien, Europa og Nordamerika har kun Argentina, Brasilien og Sydafrika kernekraftværker.

Argentina

Den argentinske regering har lanceret en plan om at udvide landets kernekraftproduktion. Planen indebærer dels, at landets to kernekraftenheder, Atucha-1 og Embalse, renoveres med henblik på at forlænge driften af enhederne, dels at byggeriet af Atucha-2 fuldføres, så denne enhed kan sættes i drift ca. 2010. Atucha-2 enheden er i dag ca. 80% færdigbygget. Desuden planlægges det at konstruere en fjerde enhed, samt at genoptage produktionen af beriget uran, der har været indstillet siden 1980'erne. Nucleoelectrica Argentina SA, der er operatør af de argentinske kernekraftenheder, har indgået i et samarbejde med Atomic Energy of Canada Ltd. (AECL) om at gennemføre renovationen af Embalse-enheden, der er forsynet med en canadisk bygget Candu-6 reaktor fra 1983, samt at lave forundersøgelse for etablering af en ny 700 MWe Candu enhed, som kan stå færdig ca. 2015. Desuden vil AECL bistå med færdiggørelsen af Atucha-2 enheden. Endelig planlægges bygning af en lille, integral PWR-enhed af argentinsk design, CAREM.

Argentina vil også udbygge sit tungtvandsproduktionsanlæg ved Arroyito til en kapacitet på 600 t/år, og man vil genstarte sit lille diffusionsanlæg ved Pilcaniyeu. Anlægget var i drift fra 1983 til 1989, men blev lukket ned, da det ikke fungerede tilfredsstillende. Det vil blive nu blive renoveret, og anlægget forventes at få en kapacitet på 2 mio. SWU/år mod tidligere 0,02 mio. SWU/år. Herigennem kan Argentina komme til at høre til de såkaldte Supplier-lande, som GNEP forudser skal levere beriget uran til kernekraftværker, jf. afsnit 2.1.

Australien

Australien har ingen kernekraftværker, men en meget betydelig uranproduktion, idet landet råder over verdens største uranforekomster, 23% af verdens uranressourcer. Der arbejdes med udvikling af en laser-berigningsteknik, Silex, og der er indgået en aftale med det amerikanske reaktorfirma General Electric om et samarbejde om Silex-metoden. GE har fået tilladelse til bygning af et fuld-størrelse anlæg i USA. I Australien overvejes det også at genstarte bygningen af et tidligere indstillet centrifugeberignings-anlæg for fremover at være blandt de såkaldte Supplier-lande.

Den nuværende konservative regering har startet debat om at indføre kernekraft af miljøhensyn, hvilket vil medføre en betydelig reduktion af CO₂-udslippet. Oppositionen synes at være imod kernekraft. En ekspertundersøgelse har vist, at det vil være økonomisk at bygge fem 1000 MWe enheder.

Brasilien

Brasilien planlægger at færdigbygge Angra-3 enheden, hvor byggeriet blev indstillet for tyve år siden, Angra-3 kan efter planen stå færdig i 2010, og det ventes at koste knap 2 mia. USD at færdiggøre enheden.

Det brasilianske berigningsanlæg ved Resende, som blev indviet i 2005, er stadig under indkøring, idet man er løbet ind i en række organisatoriske og finansielle problemer. Eksistensen af berigningsanlægget gør, at Brasilien tilhører de såkaldte Supplier-lande.

Egypten

Den egyptiske regering regner med i løbet af 7-8 år at starte et kernekraftprogram.

Nigeria

Nigeria har nedsat en atomenergikommission, som skal arbejde mod på længere sigt at indføre kernekraft i landet.

Sydafrika

Sydafrika planlægger at udvide sin kernekraftkapacitet, således at den i 2030 er oppe på 5000 MWe.

Pebble Bed Modular Reactor (PBMR) projektet, som omfatter udviklingen af en grafitmodereret højtemperaturreaktor, og som udføres i samarbejde mellem en række organisationer og firmaer fra flere lande, planlægger ved Koeberg at bygge en 165 MWe prototype, Demonstration Power Plant (DPP), som skal være i drift i 2011. Prisen anslås til 2,4 mia. USD. P.g.a. den høje temperatur i reaktoren, op til 950 °C, vil den være specielt egnet til fremstilling af brint, kulbrinter, naturgas samt udvinning af olie fra olieskifer og -sand. Projektet har afgivet ordre om levering af kontroludstyr fra Westinghouse, tryktanken og dele hertil fra det spanske firma Equipos Nucleares og Mitsubishi Heavy Industries, turbogeneratoren fra Mitsubishi og grafit fra det tyske firma SGL. Byggeriet planlægges startet i september 2007, men spørgsmålet er, om man inden da når at få godkendelse af byggeriet fra Sydafrikas National Nuclear Regulators. Det sydafrikanske el-selskab Eskom har forpligtet sig til at bygge op til 4000 MWe PBMR eller 24 enheder, såfremt økonomi og teknologi lever op til forventningerne. DPP skulle efter planerne kunne overgives til Eskom i 2011. DPP behøver kun en sikkerhedszone på 400 m, da den ikke kan undergå kernenedsmeltning.

Sydafrika undersøger økonomien af uranberigning med henblik på at genstarte berigning i landet, således at man ikke alene leverer naturligt uran, men også beriget uran og hermed kommer til at høre til Supplier-landene.

Andre lande

En række afrikanske lande, Kenya, Ghana, Cameroon og Tanzania, har indikeret interesse i at indføre kernekraft p.g.a. de stigende oliepriser. Det samme gælder Syrien og Yemen. En betænkelighed ved indførelsen af kernekraft er dog, hvordan brændselsforsyningen sikres. Et andet spørgsmål er, om den nødvendige tekniske ekspertise og de økonomiske ressourcer er til rådighed.

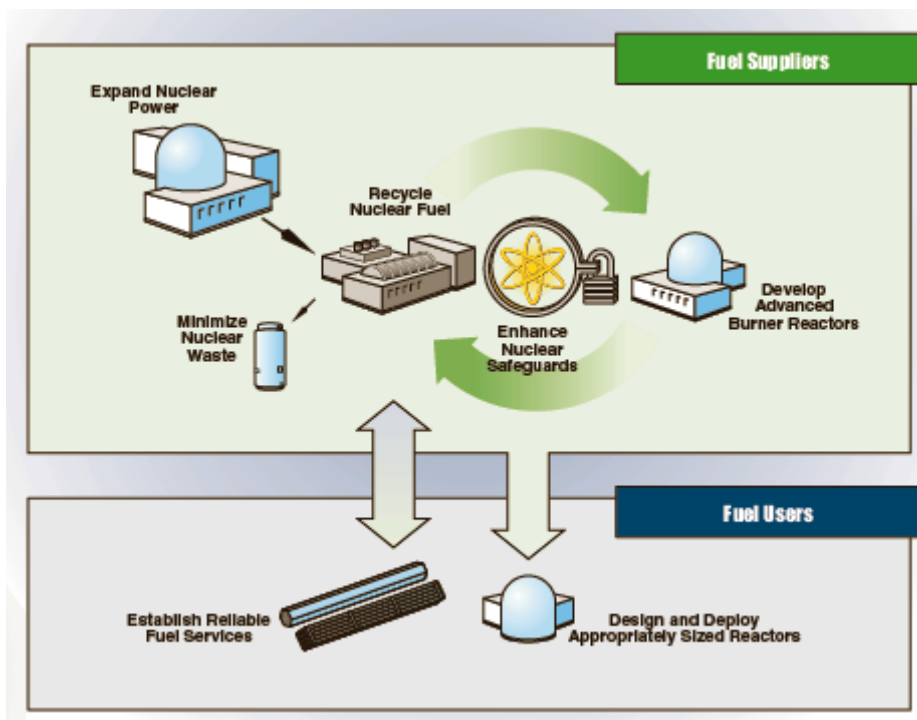
2 Udvikling af reaktorer og sikkerhed

2.1 Reaktorudviklingen

GNEP initiativet

GNEP, Global Nuclear Energy Partnership, blev startet i 2006 af Department of Energy (DOE) i USA med det formål at udbrede anvendelsen af kernekraften på verdensbasis og samtidig at skabe en stabil, sikker og økonomisk energiforsyning, som er miljømæssigt forsvarlig, og som sikrer mod spredning af kernevåben..

USA har indbudt andre nukleare lande til at deltage i samarbejdet, som bl.a. skal udvikle nye oparbejdningsteknologier, der begrænser muligheden for spredning af fissilt materiale og reducerer mængden af radioaktivt affald. Der oprettes et brændselscenter, som giver udviklingslandene mulighed for at købe færdigt reaktorbrændsel til en overkommelig pris til gengæld for, at disse lande afstår fra selv at bygge berignings- og oparbejdningsanlæg. Udviklingslandene skal også tilbydes reaktordesign, som er tilpasset deres behov.



Figur 2.1. Aktiviteterne i GNEP.

Sammenlignes GNEP-initiativet med det tidligere iværksatte initiativ Generation IV International Forum (GIF), så koncentrerer GNEP sig om brændselskredsløbet, det radioaktive affald og sikringer mod spredning af fissilt materiale, mens GIF har fokus på nye, avancerede reaktordesign.

INPRO, International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles, som hører under IAEA, behandler også brændselskredsløbets problematik, men fra en teoretisk synsvinkel. GNEP lægger op til en praktisk løsning med omfattende samarbejdspartnere inden for den nukleare industri.

Alle tre initiativer vil forsøge at samarbejde og supplere hinanden.

Flydende kernekraftværker

Gennem adskillige år har Rusland haft planer om at bygge flydende kernekraftværker for at kunne forsyne øde egne i det nordlige Sibirien med strøm og varme. Hensigten har været at opankre flydende pramme med mindre reaktorer i de pågældende egne, der ikke er forbundet til elnettet i det centrale Rusland, og hvortil det samtidig er besværligt at transportere kul, olie og/eller gas.

Det statslige Rosenergoatom skrev i foråret 2006 kontrakt med værftet SevMash i Severodvinsk om at bygge en prototype, der skal forsyne Severodvinsk nær Arkhangelsk (Fig 2.2) med strøm og varme. Efter planen skal værket være færdigt i 2010 og koste lidt over 1 mia. kr.



Figur 2.2. Kort over området omkring Severodvinsk.

Designet bygger på en 150 m lang pram, der bliver forsynet med to reaktorer, hver på 150 MWt og med tilhørende turbine og generator. Reaktorenes brændsel kan holde til 10-15 års drift, inden det skal skiftes ud. Prammen forsynes med lagre for midlertidig opbevaring af radioaktivt materiale således, at den dag, det flydende kernekraftværk bugseres væk, kan det pågældende opankringsområde umiddelbart frigives til andet formål uden en efterfølgende dekontaminering. Systemet kan også levere varme eller fungere som afsaltningssanlæg for havvand, hvilket dog kræver flere installationer på land end blot en el-fordelingsstation.

De to reaktorenheder er af typen KLT-40, en russisk designet trykvandsreaktor, der er udviklet af OKBM, Experimental Engineering Design Bureau. Denne reaktortype har gennem mange år været anvendt i de russiske isbrydere. Man har således mere end 160 reaktorårs driftserfaringer med denne type.

KLT-40 designet er et PWR-design med fire ydre kredsløb, hvilket betyder, at reaktoren er forsynet med fire dampgeneratorer og fire tilhørende

cirkulationspumper. Figur 2.3 viser et skematisk billede af reaktoren med et enkelt kredsløb og en trykholder, som stabiliserer trykket i reaktoren. Brændslet er beriget UO_2 , der er indeholdt i en silicium-matrix. Den lange driftstid på 10-15 år er opnået ved anvendelse af betydelige mængder brændbar gift og en berigning på tæt på 20%.

Designet har følgende sikkerhedsmæssige tiltag:

- Sikkerhedssystemerne er fysisk adskilte
- Mange systemer er baseret på passiv sikkerhed
- Indbygget diagnoseudstyr i kontrol- og overvågningssystemet, som kan afsløre eventuelle fejl på et tidligt tidspunkt
- Systemer til at håndtere alvorlige uheld

Tabel 2.1 viser udvalgte designparametre.

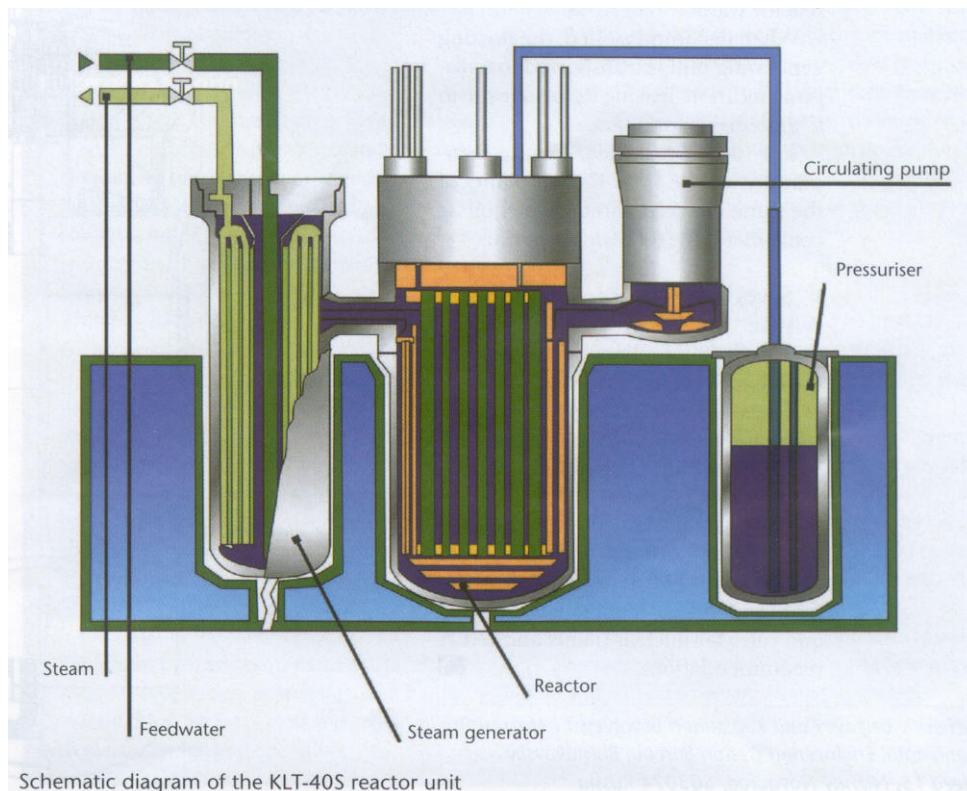
Flere lande har vist interesse for det russiske design. Det gælder bl.a. Indonesien, Malaysia og Kina.

Rusland er på vej med en videreudvikling af KLT-40 designet, kaldet VBER-300. Det har en elektrisk effekt på 300 MWe og et modulært design, som tillader samlet anbringelse af flere enheder og udnyttelse af flere fælles komponenter. VBER-300 minder på flere områder om VVER-1000, bl.a. er brændselsdesignet det samme, og mange af VVER-1000's egenskaber med hensyn til passive sikkerhedssystemer er overført til VBER-300. Denne enhed skal anvendes til el- og varmeproduktion i større russiske byer i øde egne. Med det modulære design vil det være let at udbygge kapaciteten.

Man har også planer om at benytte en mindre udgave af VBER-300, nemlig VBER-150, som erstatning for KLT-40 reaktoren ved flydende kernekraftværker.

Tabel 2 1. Udvalgte designparametre for det russiske projekt til et flydende kernekraftværk.

Termisk effekt	2 x 160 MWt
Maks. elektrisk effekt	2 x 35 MWe
Varmeproduktion	2 x 400 GJ/h
Pramlængde	130-150 meter
Prambredde	ca. 30 meter
Dybgang	4,5 m (3,5 m u. last)
Displacement	16.000 tons
Egenfremdrift	Ingen
Besætning	ca. 55 mand
Tid mellem hovedeftersyn i Murmansk, herunder brændselsskift	12 – 15 år



Figur 2.3. Skematisk billede af KLT-40 med et enkelt dampgenerator/cirkulations-kredsløb og trykholder.

2.2 Udvikling af beredskabssystemer

Nuklear terrorisme

Terrorister kan benytte sig af mange forskellige virkemidler for at opnå deres mål, som kan være af politisk, religiøs eller evt. økonomisk art. Fælles for disse virkemidler er, at de har til hensigt at skabe frygt hos befolkning og myndigheder for herigennem at påvirke disses beslutninger. I langt de fleste tilfælde har terrorister til deres aktioner benyttet sig af bomber eller håndvåben, men i enkelte tilfælde har de anvendt giftgas, og det kan ikke udelukkes, at terrorister vil overveje at benytte sig af kemiske, biologiske, radiologiske eller nukleare våben (CBRN; Chemical, Biological, Radiological and Nuclear).

Den 11. september 2001 rettedes hele verdens øjne mod terrorhændelsen i New York, hvor to fuldt lastede passagerfly blev kapret af selvmordsterrorister og fløjet ind i de to tårne på World Trade Center. Antallet af omkomne var tæt på 3000. Det gav anledning til, at mange landes myndigheder begyndte at analysere deres beredskab overfor terrorangreb. De danske myndigheder har siden arbejdet mod at opbygge et beredskab, som kan håndtere CBRN-hændelser. Dette arbejde pågår stadig. Disse meget store terrorhændelser kan have en karakter og et omfang, der kræver samarbejde mellem flere myndigheder. Det drejer sig om en bred vifte af hændelsestyper, der strækker sig fra sprængning af en mindre radioaktiv kilde (radiologisk bombe) eller en ammoniaktank, til sprængning af en mindre nuklear bombe (atombombe). Forudsætninger for fremstilling af atombomber finder man normalt kun hos stater. Terror kan også sættes i forbindelse med stater med et ustabilt eller fundamentalistisk styre, der forsøger at udvikle og bruge atombomber

for at opnå bestemte politiske mål. I det følgende vil der blive fokuseret muligheden for den nukleare terrorisme.

Nukleare bomber og radiologiske (beskidte) bomber

Nukleare våben baserer sig på kernespaltningsprocessen (fission) og for at lave sådanne må man have adgang til næsten rent spalteligt materiale, i en mængde af ca. 8 kg plutonium-239 eller 25-50 kg højt beriget (90%) uran-235. Ved at iværksætte en kædereaktion af fissioner i det spaltelige materiale kan meget store energimængder frigøres, hvorved en kernevåbeneksplosion kan opnås. Fremstilling af spalteligt materiale kræver anlæg, der er bekostelige og teknologisk meget krævende. Kun stater vil normalt kunne opføre sådanne anlæg. Terrororganisationer kan derfor kun skaffe sig spalteligt materiale illegalt, f.eks. ved tyveri, men sikkerhedsforanstaltningerne omkring opbevaring af sådant materiale er omfattende. Hertil kommer, at selve fremstillingen af nukleare sprængladninger stiller store krav. Mængden af spalteligt materiale og dets udformning skal beregnes, de beregnede komponenter skal fremstilles, hvilket kræver stor ekspertise, en neutronkilde, der starter kædereaktionen på det rette tidspunkt, skal fremstilles og den/de nødvendige sprængladninger skal fremstilles. Problemerne ved fremstilling af uran-235 bomber er mindre, men til gengæld kræves der til disse væsentlig mere spalteligt materiale.

Radiologiske våben eller "beskidte bomber" (dirty bombs) indeholder en kemisk sprængladning samt en radioaktiv kilde. Ved detonation af den kemiske sprængladning forstøves og spredes det radioaktive materiale. Komponenterne til en konventionel bombe er rimelig let tilgængelige, mens kraftige kilder med f.eks. cæsium-137, kobolt-60, americium-241, radium-226 eller iridium-192 kun findes få steder, og de er ikke lettilgængelige. Desuden vil håndteringen af stærke kilder under tyveriet, transporten, monteringen i bomben og transporten af bomben give anledning til betydelige problemer, hvis terroristerne skal overleve disse operationer. Vurderinger af skadevirkningerne af beskidte bomber har vist, at deres fysiske skadevirkning hovedsagelig skyldes den kemiske sprængladning. De største skader forårsaget af indholdet af radioaktivt materiale er af psykologisk og økonomisk art. Beskidte bomber kan skabe panik, og den efterfølgende oprensning af den radioaktive forurening og monitorering af personer i området kan være bekostelig.

Der er stor forskel på nukleare bomber og radiologiske bomber. Nukleare bomber (atombomber, kernevåben) er meget vanskelige at erhverve eller konstruere, men har stort potentiale for tab af menneskeliv, mens radiologiske bomber er betydeligt lettere at fremstille, men potentialet for tab af menneskeliv er ringe. Det psykologiske og økonomiske potentiale for radiologiske bomber kan til gengæld være betydeligt.

Trusselsbilledet

Endnu har terrorister ikke udløst hverken nukleare eller radiologiske bomber noget sted i verden. Det vil som nævnt være yderst vanskeligt for en terrororganisation at få adgang til egnet fissilt materiale til brug for fremstilling af en nuklear bombe, og der vil også være store tekniske problemer at løse, hvis bomben ikke skal blive en "fuser". En terrororganisation vil derimod have større mulighed for at kunne fremstille en "beskidt bombe", hvor de eventuelle dødsfald med større sandsynlighed vil skyldes detonationen af den konventionelle sprængladning end



spredning af radioaktive stoffer. Den psykologiske effekt kan blive stor og de økonomiske konsekvenser alvorlige. Der findes kraftige kilder i sygehus og på sterilisationsanlæg, men de er sædvanligvis godt indkapslede og dermed tunge og, hvis de fjernes fra indkapslingen, dødbringende for terroristerne. Adgangen til sådanne kilder er forsynet med en række sikkerhedsforanstaltninger, f.eks. adgangskontrol, id-kort og kameraovervågning. I visse lande er kontrollen imidlertid ret lempelig, så det er ikke utænkeligt, at terrorister dér kan skaffe sig adgang til kraftige kilder.

Sammenlignet med sprængning af en radiologisk bombe i tætbefolket, bymæssig bebyggelse vil et angreb på en transport af brugt brændsel med panserbrydende granater på en landevej slet ikke have samme effekt, selv om radioaktivitetsmængden i transporten er større.

Hvad angår angreb på kernekraftværker har især muligheden for, at terrorister styrer et stort, fuldt optanket passagerfly ind i et sådant værk, været diskuteret siden angrebene i New York og Washington DC den 11. september 2001. Det kan ikke udelukkes, at et stort fuldt tanket jettfly, der rammer ind i et kernekraftværk under den optimale vinkel, kan forårsage en kernenedsmeltning og give udslip til omgivelserne. Dette afhænger dog i høj grad af værkets konstruktion. Generelt må man sige, at reaktorindeslutningen og strålingsafskærmning består af tykke jernbetonmure, som er særdeles robuste. Det er jettflyets motor og især motorakslen, der har størst mulighed for at bryde hul i reaktorindeslutningen. Der er lavet forsøg med jagerfly, der er sendt ind i betonmure, og skaderne på muren har været små. Selv om reaktorindeslutningen ikke bliver gennembrudt, hvis den rammes af de tunge motordele, kan der med den store vægt og den store brændstofdæmængde optræde alvorlige skader på kølesystemerne.

Internationalt samarbejde

Som nævnt er den største vanskelighed, som terrorister, der ønsker at anskaffe sig en nuklear bombe, skal overvinde, anskaffelsen af fissilt materiale i tilstrækkelig mængde og kvalitet. De internationale bestræbelser går derfor i retning af at holde nøje regnskab med mængder af fissilt materiale på anlæg rundt omkring i verden, så selv små mængder ikke forsvinder (materialekontrol, safeguard), og at beskytte nukleart materiale og anlæg (fysisk beskyttelse). Den fysiske beskyttelse kan f.eks. omfatte transport af højt beriget uran fra forskningsreaktorer og sikring af kernekraftværker for at hindre terrorister i at trænge ind og anbringe konventionelle sprængladninger på kritiske positioner i værket.

En lang række lande har ratificeret eller i det mindste underskrevet IAEA's konvention om fysisk beskyttelse (Convention on Physical Protection of Nuclear Materials), heriblandt Danmark. Konventionen trådte i kraft i 1996 og har været revideret flere gange siden, senest under indtryk af terrorhændelsen i 2001. Formålet er at beskytte fissilt materiale samt brugt brændsel i nukleare anlæg og under transport mod tyveri eller terror. Et vigtigt princip er "defence in depth", d.v.s. etablering af en række barrierer, som skal overvindes for at gennemføre en terrorhandling. Her er det vigtigt, at færrest mulige kender detaljerne omkring sikkerhedssystemerne. Skulle fissilt materiale blive stjålet på trods af de administrative, tekniske og fysiske barrierer, skal mulighederne for hurtigst muligt at skaffe materialet tilbage på forhånd være gennemtænkt.

Traktaten om ikke-spredning af kernevåben (NPT) trådte i kraft i 1970. De deltagende lande, der ikke har kernevåben, forpligter sig til ikke at anskaffe sig disse. En svaghed ved traktaten er, at kun fem kernevåbenlande har ratificeret traktaten: USA, Storbritannien, Rusland, Frankrig og Kina. Indien, Pakistan,

Nordkorea og Israel har ikke underskrevet NPT. På trods af dette er traktaten et vigtigt redskab til bekæmpelse af terrorisme.

Safeguard-protokollerne, der er knyttet til NPT, giver IAEA mulighed for ved inspektion at verificere, at de enkelte medlemslande ikke har nukleare programmer, der sigter mod fremstilling af nukleare våben, og at de har de mængder af nukleart materiale, de opgiver til IAEA. Det omhyggelige regnskab med nukleare materialer og anvendelse af overvågningsudstyr levner kun få muligheder for, at nukleart materiale kan overføres til terrorister, uden at det opdages.

Den 28. april 2004 blev resolution 1540, "Preventing Proliferation of Weapons of Mass Destruction", vedtaget i FN's sikkerhedsråd. Herved forpligtes medlemsstaterne til ikke at støtte ikke-statslige organisationer i deres forsøg på at erhverve nukleare, kemiske eller biologiske våben og fremføringssystemer (raketter). Resolutionen går videre end dette, idet den også forpligter staterne til gennem lovgivning at forsøge at hindre sådanne aktiviteter. FN's Generalforsamling vedtog den 13. april 2005 en konvention om nuklear terrorisme, "International Convention for the Suppression of Acts of Nuclear Terrorism", og med udgangspunkt i denne og Europarådets konvention om forebyggelse af terrorisme har justitsminister Lene Espersen igangsat et forberedende lovgivningsarbejde, så straffeloven bringes i overensstemmelse med de strafferetslige krav i konventionerne.

Der er en række internationale og bilaterale bestræbelser på at holde kontrol med nukleare materialer, så de ikke falder i hænderne på terrorister. Således har USA iværksat et projekt "Material Protection, Control and Accounting" (MPC&A) til kontrol og beskyttelse af nukleart materiale i Rusland, der har betydelige og vidtspredte lagre af nukleart materiale.

Konklusion

Selv om der ikke hidtil er forekommet noget tilfælde af nuklear terrorisme noget steds i verden, kan muligheden ikke udelukkes. Hændelsen den 11. september i New York viste verden, at en velorganiseret terrororganisation har ressourcer til at planlægge komplicerede terroraktioner. Selvom der er store hindringer at overvinde, kan det ikke udelukkes, at en international terrororganisation med tilstrækkelige ressourcer og de rette kontakter kan gennemføre en eller anden form for nuklear terroraktion. Samfundets beredskab må tage højde for dette. I Danmark er man i gang med at etablere et beredskab til imødegåelse af større terrorhændelser med en "National Operativ Stab" (NOST) som omdrejningspunkt. Et værktøj til understøttelse af NOST er beslutningsstøttesystemet ARGOS, der er ved at blive videreudviklet til fuld CBRN understøttelse.

3 Nuklear sikkerhed

3.1 Sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft

INES-skalaen, "The International Nuclear Event Scale", blev udviklet af IAEA og OECD i 1990 med henblik på at kunne informere offentligheden om den sikkerhedsmæssige betydning af nukleare hændelser eller ulykker på en konsistent og standardiseret form. Skalaen strækker sig fra niveau 1, hvor hændelser med ringe sikkerhedsbetydning indplaceres, til niveau 7, hvor de helt store ulykker indplaceres. Se nærmere om INES i appendiks A.

De af IAEA's medlemslande, der er tilsluttet INES-systemet, er forpligtet til at indrapportere hændelser klassificeret på niveau 2 og opefter til IAEA. Hændelser på niveau 1 eller 0, sidstnævnte betegnes som værende under skalaen, skal kun indrapporteres, såfremt disse skønnes at have særlig interesse for andre lande.

Hændelser indrapporteres direkte på IAEA's "NEWS" hjemmeside, hvor offentligheden har adgang til at læse om hændelser af nyere dato, www-news.iaea.org/news. NEWS er en forkortelse af "Nuclear Events Web-based System". Formålet med NEWS er at videreformidle autoritativ information om nukleare hændelser, som skønnes at være af interesse for det internationale samfund.

Kun hændelser på kernekraftværker, som er klassificeret på niveau 2 og opefter, vil blive refereret i det følgende. For kraftreaktorernes vedkommende blev der i 2006 rapporteret tre INES-2 hændelser. I 2005 forekom der til sammenligning fem INES-2 hændelser på verdens kernekraftværker.

Doel-1 hændelsen den 10. maj 2006, Belgien. INES-2.

Værket Doel, der består af fire PWR-enheder, ligger 10 km nordvest for Antwerpen. Under en nedlukningsperiode blev der på Doel-1 foretaget en inspektion af de fire køleventilatorer i reaktorindeslutningen. Der blev her konstateret en mangelfuld tætning af ventilatormotorerne. Køleventilatorers opgave er i samarbejde med spraysystemet at reducere trykket i reaktorindeslutningen i forbindelse med en alvorlig



ulykke. Det høje tryk og den megen damp stiller under sådanne betingelser store krav til tæthed af motorindkapslingen, således at damp ikke kan trænge ind og ødelægge motoren. Ifølge de tekniske specifikationer skal alle fire ventilatorer kunne fungere under normal drift, hvilket ikke kunne garanteres. Doel-2 bruger samme ventilatortype som Doel-1, og derfor blev også Doel-2's ventilatormotorer undersøgt. Det blev her konstateret, at de havde samme problemer med tætheden, hvorfor Doel-2 blev lukket ned.

Kozloduy-5 hændelsen den 1. marts 2006, Bulgarien. INES-2

Værket Kozloduy, der ligger 120 km nordøst for Sofia, består af i alt 6 VVER enheder af sovjetisk design. De fire af enhederne, Kozloduy-1, -2, -3 og -4, der er af den tidlige VVER-440/230 model, er lukket ned pr. 1. januar 2007, mens Kozloduy-5 og -6, der er af den nyere VVER-1000 type, begge er i drift.



Den 1. marts faldt en af hovedcirkulationspumperne på enhed 5 ud. Udkobling af hovedcirkulationspumpen udløste en automatisk effektreduktion til 67% af den nominelle effekt. Dette var i overensstemmelse med de tekniske specifikationer. Kontrolrumspersonalet observerede herefter, at tre kontrolstave havde sat sig fast i øverste position. Herefter blev reaktoren lukket ned til såkaldt "hot stand-by". En nærmere undersøgelse viste, at yderligere 19 kontrolstænger havde sat sig fast. For at sikre en sikker nedlukning er kontrolstængerne fordelt på flere grupper, og der er i kontrolsystemets design taget højde for situationer, hvor ikke alle kontrolstænger ved nedlukning går ind i reaktorkernen. Efter denne opdagelse blev reaktoren lukket ned til kold tilstand. De kontrolstænger, der havde sat sig fast, var af en nyere type, og det viste sig, at kontrolstængerne ikke var blevet bevæget i lang tid – op til 197 dage. Det ser ud til, at den russiske producent af kontrolstængerne ikke har undersøgt konsekvenserne af, at kontrolstængerne ikke bevæges i længere tid. Dette kan føre til krav om erstatning for de økonomiske tab, værket har lidt.

Der forekom ikke en virkelig initierende hændelse, som kunne udfordre sikkerhedssystemerne. Sikkerhedsfunktionen "kontrol af reaktivitet" blev hurtigt fastslået som værende fuld tilstrækkelig, og derfor er der grundlæggende tale om en INES-1 hændelse. Men da problemerne med kontrolstængerne skyldes en fælles fejl (Common Cause Failures), og da der var proceduremæssige fejl, opgraderedes hændelsen til en INES-2 hændelse.

Forsmark-1 hændelsen den 25. juli 2007, Sverige. INES-2

Værket Forsmark, der ligger ca. 100 km nord for Stockholm, består af tre BWR-enheder. Ved hændelsen blev Forsmark-1 bortkoblet fra højspændingsnettet pga. en kort-slutning i hovedtransformerstationen. Under disse omstændigheder skal fire dieselgeneratorer starte op. Imidlertid startede kun to ud af de fire generatorer. Opstarten af de to generatorer var dog tilstrækkelig til en sikker nedlukning og køling af reaktoren. Reaktorindeslutningen blev isoleret, og damp blev blæst ned i kondensationsbassinet, mens der samtidig blev kompenseret for tab af vand i reaktortanken, således at vandstanden over brændselelementer under hele forløbet var tilstrækkelig til køling af kernen.



Forløbet var ganske kompliceret, og der indgik tre væsentlige fejl: 1) Ledningssystemerne (400 kV) omkring transformerne ejes af Svenska Kraftnät, som den 25. juli 2006 havde en elektriker beskæftiget med vedligeholdelsesarbejder. På grund af en forkert udformet instruks åbnede han for en ledningsadskiller, hvilket udløste kortslutningen.

2) Kortslutningen medførte svingninger i generatorspænding og -frekvens. Dette burde føre til, at hovedgeneratorerne blev koblet ud. Imidlertid var relæerne til beskyttelse mod underfrekvens netop blevet udskiftet. De var installeret forkert og var ikke blevet testet korrekt. Relæerne skal beskytte hovedgeneratorerne mod at arbejde ved for lave omdrejninger, hvor vibrationer og ustabilitet kan forekomme. I stedet blev den ydre elforsyning på 70 kV koblet ud.

3) Når forsyning fra det ydre net ikke er til stede, skal fire batterisikrede net med hver en dieselgenerator overtage elforsyningen. Overspændingen fra kortslutningen hindrede imidlertid to af nettene i at fungere, og to ud af de fire dieselgeneratorer startede dermed ikke op. Efter ca. 20 minutter blev de sidste to dieselgeneratorer startet op manuelt, og alt elektrisk udstyr fungerede normalt. Indtil da var en stor del af kontrolrummet uden strømforsyning, og operatørerne havde ikke adgang til mange af de informationer, der indgår i normal drift.

Ved hændelsen blev kontrolstængerne skudt ind som forventet, og kølingen af reaktorkernen var fuld tilstrækkelig, men der var en Common Cause Failure i den elektriske nødforsyning, idet flere systemer blev slået ud af en fælles årsag. Hændelsen er derfor klassificeret som en INES-2 hændelse. Forsmark har efterfølgende pålagt Svenska Kraftnät at afvente nedlukning af Forsmark-1 og -2 før påbegyndelse af vedligeholdelsesarbejde i området.

3.2 Internationale forhold og konflikter

Indien

USA og Indien indgik i 2004 efter flere års forhandling en aftale om samarbejde på det nukleare område. Et sådant samarbejde var imidlertid i modstrid med gældende amerikansk lovgivning, der blev gennemført i 1978, efter at Indien i 1974 prøvesprængte sit første kernevåben. Den amerikanske lovgivning måtte derfor ændres, før aftalen med Indien kunne indgås. Aftalen går ud på, at Indien skal opdele sine nukleare aktiviteter i militære og civile, hvorefter de civile skal underkastes IAEA-kontrol, mens de militære fortsat holdes uden for kontrol. Det er op til Indien at afgøre, om nye indiske anlæg skal høre til den militære, ikke-kontrollerede eller til den civile, kontrollerede kategori. Endvidere vil Indien frivilligt give afkald på at foretage yderligere prøvesprængninger af kernevåben. Til gengæld skal USA fjerne alle restriktioner for eksport af kernekraftenheder, af komponenter til disse samt af reaktorbrændsel til Indien. USA's interesse i aftalen er at forbedre sit forhold til Indien, en potentiel stormagt, samt at øge USA's nukleare eksport. Indien interesse er at få adgang til amerikansk nuklear teknologi og ikke mindst naturligt og beriget uran fra USA samt at opnå en status som "næsten legal" kernevåbenmagt.

Siden indgåelsen af aftalen har USA og Indien forhandlet om opdelingen af Indiens nukleare anlæg i militære og civile. Her har Indien ønsket, at landet skal have mulighed for, hvis det ønskes, at overføre et anlæg, der er erklæret civilt og derfor kontrolleret af IAEA, til de ikke-kontrollerede, militære anlæg, d.v.s. at kontrollen er frivillig, således som det gælder for kernevåbenmagterne under NPT. Det har USA ikke kunnet acceptere. Et andet spørgsmål har været, om Indien uden tilladelse kan oparbejde importeret brændsel. Et tredje har været, hvilke anlæg, der skal klassificeres som civile og hvilke som militære. I marts blev USA og Indien enige om opdelingen

af Indiens nukleare anlæg i militære og civile. Af de 22 enheder i Indien, der er i drift eller under bygning vil 14 være civile og blive underkastet IAEA-kontrol. Af de 14 enheder er seks, to Tarapur-enheder (fra USA), to Rajastan-enheder (fra Canada) og to VVER-enheder (fra Rusland) allerede under IAEA-kontrol. De resterende otte er Rajastan-3, -4, -5 og -6, Kakrapar-1 og -2 samt Narora-1 og -2. Formentlig vil nogle brændselsanlæg også blive underlagt IAEA-kontrol. Bhabha Atomic Research Centre uden for Mumbai med forsøgsreaktorerne Cirus og Dhruva, som har været anvendt til fremstilling af plutonium til de indiske kernevåben, holdes uden for IAEA-kontrol. Det samme gælder forskningscentret ved Kalpakkam i Sydindien med to hurtigreaktorer samt Madras-1, -2, -3 og -4 enhederne. Kontrollen med de civile, indiske anlæg er ikke klar. På den ene side hedder det, at den er evig, d.v.s. uopsigelig, på den anden side hedder det, at den skal være Indien-specifik, hvad det så end betyder.

Som nævnt ovenfor var det nødvendigt at ændre amerikansk lovgivning for at aftalen kan gennemføres. Dette skete i løbet af året, og i december underskrev den amerikanske præsident den nye lov. Men ændringen af gældende amerikansk lov er ikke tilstrækkelig til at åbne for eksporten til Indien. Nuclear Suppliers Group (NSG), som har 45 medlemslande, bl.a. USA, Rusland, Frankrig og Kina, skal godkende ændring af NSG's regler, der i dag kræver, at medlemslandene kun må eksportere nukleare anlæg og materialer til lande, der enten er tilsluttet NPT, eller hvis nukleare anlæg alle er underkastet IAEA-kontrol (full-scope safeguard). NSG har endnu ikke taget stilling til USA-Indien aftalen. Hvis NSG ikke godkender USA-Indien aftalen, er en mulighed, at stormagterne trækker sig ud af NSG, og i så fald er NSG's betydning ikke stor. Men hvis NSG godkender aftalen, vil dette også undergrave gruppens betydning.

Et andet problem er, at den amerikanske lov indeholder nogle begrænsninger, som Indien muligvis ikke vil acceptere. Loven forbyder eksport af udstyr til uranberigning, kemisk oparbejdning og tungtvandsproduktion. Ligeledes forbyder den salg af uran til oplagring i Indien. Det eksporterede uran skal anvendes med det samme, således at Indien ikke kan oparbejde et beredskabslager, der kan sikre de indiske kernekraftværkers drift fremover i tilfælde af, at Indien beslutter sig for på ny at gennemføre prøvesprængninger. Fra indisk side er der også modstand imod, at IAEA-kontrollen gælder til "evig tid" for de kontrollerede anlæg, og at Indien efter aftalen ikke kan foretage flere prøvesprængninger og dermed blive en "rigtig" kernevåbenmagt. Efter at den amerikanske præsident har underskrevet den nye amerikanske lov, der tillader nuklear eksport til Indien, har der fra indisk side især været utilfredshed med, at loven kræver fuld indisk støtte til de amerikanske bestræbelser på at standse det iranske berigningsarbejde, samt at aftalen bortfalder, hvis Indien foretager flere prøvesprængninger.

Frankrig er interesseret i aftalen, idet den også vil åbne op for fransk, nuklear eksport til Indien. Det samme gælder Rusland, der allerede er ved at bygge to kernekraftenheder i Indien. Areva, Westinghouse og General Electric har alle indledt forhandlinger med Nuclear Power Corporation of India om fremtidig levering af kernekraftenheder. Indien undersøger fire pladser for importerede kernekraftenheder, to på vestsiden og to på østsiden af den indiske halvø.

Risikoen ved USA-Indien aftalen er, at den vil undergrave NPT. Pakistan har allerede krævet, at landet vil have samme status som Indien, og det samme vil givetvis gælde Nordkorea. Måske vil Israel også kræve "indisk status", og det vil ikke gøre det nemmere at argumentere over for Iran, at landet skal opgive sin berigningsarbejde, selvom landet forsikrer, at det ikke har til hensigt at anskaffe kernevåben.

Iran

I januar meddelte den iranske atomenergiorganisation (AEOI) IAEA, at man ønskede at genoptage berigningsaktiviteten, og samme måned fjernede man IAEA's segl på berigningsanlægget i Natanz og på udstyr i de fabrikker, der fremstiller centrifugede. Dette fik IAEAs Board of Governors til at indbringe Iran for FN's Sikkerhedsråd, hvilket igen fik Iran til at begrænse IAEA's kontrol med landets nukleare anlæg til den, landet er bundet til gennem ikke-spredningstraktaten (NPT). Iran havde tidligere frivilligt accepteret den udvidede kontrol, som er indeholdt i tillægsprotokollen til NPT, men denne accept har Iran nu trukket tilbage. Forhandlingerne i Sikkerhedsrådet endte med, at rådet enstemmigt i december vedtog en resolution, der indfører sanktioner mod Iran. De indeholdte sanktioner er dog af ret begrænset omfang. De omfatter primært forbud mod at eksportere materialer, komponenter eller anlæg, der kan benyttes til uranberigning, tungtvandsfremstilling og fremstilling af fremføringsmidler til kernevåben. Desuden omfatter de for iranere, der er involveret i det iranske kerneenergiarbejde, begrænsninger i disses udrejse og deltagelse i undervisning i udlandet samt indefrysning af visse iranske midler i udlandet. Iran har reageret på sanktionerne med at begrænse samarbejdet med IAEA. Omfanget af denne begrænsning er endnu ikke klart.

Iran har hele tiden hævdet, at landet ikke har til hensigt at fremstille kernevåben, men kun at benytte berigningsanlægget til fremstilling af lavt beriget uran til kernekraftenheder. Det skal også nævnes, at NPT ikke indeholder noget forbud mod, at ikke-kerneveåbenlande bygger berigningsanlæg, blot disse er underkastet IAEA-kontrol.

Nordkorea

I 1994 indgik USA og Nordkorea en aftale, der gik ud på, at Nordkorea skulle indstille sit arbejde med udvikling af kernevåben og lade IAEA kontrollere alle landets nukleare anlæg. Til gengæld skulle der leveres to 1000 MWe kernekraftenheder til Nordkorea. Til bygning af disse oprettedes Korean Peninsula Energy Development Organization (KEDO), der som medlemmer har USA, Sydkorea, Japan og EU. Efter at det viste sig, at Nordkorea ikke holdt sin del af aftalen, men begyndte at fremstille beriget uran og ikke åbnede sine nukleare anlæg for IAEA-kontrol, blev arbejdet med at bygge de to PWR-enheder ved Kumho i den nordøstlige del af landet indstillet. I januar trak KEDO sig ud af Nordkorea, og i forsommeren blev det formelt besluttet helt at lukke KEDO. Tilbage står at fordele de påløbne udgifter mellem delta-gerlandene.

D. 9/10 detonerede Nordkorea en lille atombombe med en sprængstyrke på under 1 kiloton TNT ækvivalent. Den begrænsede sprængstyrke tyder på, at det ikke var nogen synderlig vellykket bombekonstruktion, nordkoreanerne har anvendt. Sekspartsforhandlingerne mellem Nordkorea, Kina, Rusland, USA, Sydkorea og Japan om nuklear afmilitarisering af den koreanske halvø blev genoptaget i Beijing i december efter over et års pause. Trods visse forventninger om at nå et positivt resultat endte de efter få dages forhandling. Det eneste, man kunne enes om, var at man ville mødes igen på et senere, ikke fastsat tidspunkt. Den nordkoreanske chefforhandler ville ikke udelukke, at Nordkorea foretager yderligere prøvesprængninger.

Pakistan

Lande, der ikke er tilsluttet ikke-spredningsaftalen (NPT), kan kun få nukleare leverancer fra lande, der er medlem af Nuclear Suppliers Group (NSG), såfremt alle dets nukleare anlæg er underkastet IAEA-kontrol. Det er ikke tilfældet for Pakistans vedkommende. Når Kina alligevel kan levere Chasnupp-2, er årsagen, at Kina ved indgåelsen af kontrakten om denne enhed endnu ikke var medlem af NSG, og derfor

ikke behøvede NSGs accept. Men nu er Kina blevet medlem af NSG, og derfor skal yderligere leverancer accepteres af NSG. Såfremt den indisk-amerikanske aftale om nukleart samarbejde og nukleare leverancer fra USA til Indien godkendes af NSG, vil Pakistan - og måske også Kina - kræve, at Pakistan får samme status som Indien, noget USA hidtil har afvist p.g.a. leverancerne af berigningscentrifuger fra det pakistanske Khan Research Laboratory (KRL) til Iran, Libyen og Nordkorea. Hverken USA eller IAEA, som søger efter information om KRL's centrifugeleverancer til udlandet, har fået tilladelse til at afhøre stifteren af KRL, Abdul Qadeer Khan, som er i husarrest i Pakistan. Årsagen hertil angives af pakistanske myndigheder at være, at sådanne forhør vil kunne afsløre militære hemmeligheder, samt at det vil være politisk risikabelt at underkaste Khan forhør, idet han som fader til den pakistanske atombombe opfattes som nationalhelt.

Det har fra pakistansk side været foreslået, at udenlandske firmaer opretter såkaldte "nuclear parks" i Pakistan, hvor de finansierer, bygger og driver kernekraftenheder og sælger den producerede elektricitet på det pakistanske el-marked, en ordning, som USA heller ikke kan acceptere, selvom disse parker underlægges IAEA-kontrol.

Sikring mod spredning af kernevåben

GNEP

USA foreslog i februar oprettelsen af Global Nuclear Energy Partnership (GNEP), som har til formål at etablere et brændselsserviceprogram, der tillader lande at bruge kernekraft uden, at de giver sig af med uranberigning og oparbejdning af brugt brændsel. Herved mindskes risikoen for kernevåbenspedning. GNEP skal også designe hurtige brænder-reaktorer, Advanced Burner Reaktor eller ABR, som skal forbrænde den ved oparbejdningen udvundne plutonium og andre transuraner. Som led i GNEP skal der etableres et Consolidated Fuel Treatment Centre (CFTC), der skal oparbejde udrændt LWR-brændsel og udnytte den resterende uran samt transuraner til fabrikation af reaktorbrændsel til brænder-reaktorerne, hvor transuranerne forbrændes, uden at der produceres nyt spalteligt materiale. Areva, Washington Group International, BWX Technologies og Japan Nuclear Fuel Ltd har sammen udtrykt interesse for deltagelse i CFTC.

IAEA

IAEA har foreslået et nyt multilateralt system for det nukleare brændelseskredsløb, bestående af tre dele: 1) Sikring af brændselsforsyning, f.eks. ved, at IAEA opretter et lager af lavt beriget uran, som kan sikre forsyningen af uranbrændsel til lande, der baserer sig på importeret kraftbrændsel. 2) Sikring af, at lande kan få bygget nødvendige kernekraftenheder. 3) Omdannelse fra national til international drift af berignings- og oparbejdningsanlæg for herigennem at begrænse national aktivitet på området. Berigning og oparbejdning skal ske til konkurrencedygtige priser for at undgå, at lande selv bygger anlæg til at udføre disse operationer. Rusland har tilbudt at starte et internationalt kernebrændselscenter.

Bestræbelserne på at internationalisere brændselsforsyningen til kernekraftværker og begrænse antallet af lande, der fremstiller beriget uran, har ført til, at adskillige lande, der tidligere har bygget berigningsanlæg, men senere har opgivet disse, nu overvejer at genstarte anlæggene for at komme til at høre til Supplier-landene, d.v.s. de lande, der må fremstille og eksportere beriget uran; en ikke-tilsigtet følge af brændselscenterideen.

IAEA har også foreslået, at man finder frem til en multinational ordning på deponeering af det højaktive affald.

APPENDIKS A: INES, den internationale skala for uheld på nukleare anlæg

På foranledning af IAEA og OECD/NEA blev der i 1990 udviklet en skala til angivelse af den sikkerhedsmæssige betydning af uheld på nukleare anlæg og uheld ved transport af radioaktivt materiale.

Skalaen betegnes INES, International Nuclear Event Scale, og omfatter otte uheldsklasser, fra klasse 0 til 7, se figur. Hændelser, der ikke har nogen sikkerhedsmæssig betydning, placeres i klasse 0, mens meget alvorlige ulykker med udslip af store mængder radioaktivt materiale hører til klasse 7.

Uheldsklassen bestemmes ud fra tre kriterier:

- Påvirkning af omgivelserne
- Påvirkning af anlægget
- Degradering af dybdeforsvaret (anlæggets sikkerhedssystem).

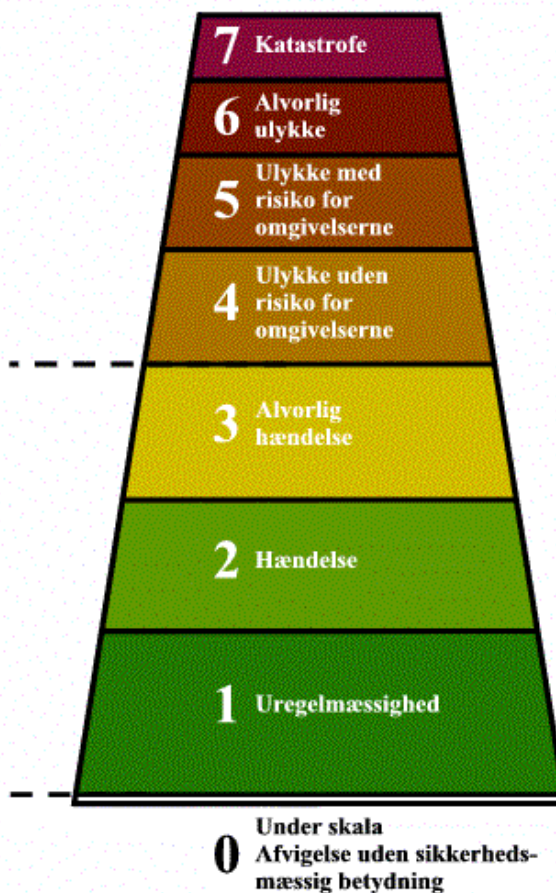
Uheld med påvirkning af omgivelserne ved udslip af radioaktivt materiale er det mest alvorlige kriterium og dækker klasse 3 til 7. Uheld, hvor der udelukkende sker en påvirkning af anlægget, f.eks. skader

på reaktorkerne eller bestråling af personale, placeres i klasse 2 til 5. Det sidste kriterium, degradering af et anlægs dybdeforsvar, betyder, at en eller flere sikkerhedsbarrierer (tekniske/menneskelige) svigter. Uheld, hvor sikkerhedsbarrierer påvirkes, betegnes som hændelser og rubriceres fra klasse 1 til 3. Af de tre kriterier vil det, der giver den højeste klasse for uheldet, være det afgørende kriterium.

I alt 60 lande har i dag tilsluttet sig INES-systemet. Kort efter en hændelse skal ejeren af anlægget, efter samråd med det pågældende lands sikkerhedsmyndighed, beskrive hændelsen med angivelse af en (evt. foreløbig) INES-klasse. IAEA informerer derefter de lande, der har tilsluttet sig systemet, om den indtrufne hændelse og klassificering. Sikkerhedsmyndigheden kan ved behov efterfølgende korrigere klassificeringen, hvis myndigheden efter nærmere analyse finder en anden klasse mere korrekt.

Eksempler på INES-klassifikation

- INES-7: Tjernobyl, 1986. Havariet af Tjernobyl-4 reaktoren i Ukraine førte til omfattende påvirkninger af mennesker og miljø.
- INES-6: Kyshtym, 1957. En eksplosion på oparbejdningsanlægget i Kyshtym i Rusland medførte at store mængder radioaktivt affald blev spredt til omgivelserne.
- INES-5: Three Mile Island, 1979. Ulykken på kernekraftværket i Pennsylvania medførte en nedsmeltning af reaktorkernen, mens påvirkningen af omgivelserne var meget begrænsede.



- INES-4: Tokai Mura, 1999. Kritikalitetsulykken på brændselsfabrikken Tokai Mura i Japan medførte en kraftig bestråling af personale.
- INES-3: Studsvik, 2002. En forsendelse af radioaktivt materiale fra Studsvik i Sverige til USA viste sig at have et stærkt forhøjet strålingsniveau uden for beholderen.

Kriterier for klassifikation af ulykker efter INES-skalaen

Trin/ Betegnelse	Begivenhed
7 Katastrofe	Udslip til omgivelserne af en stor del af det radioaktive materiale i et stort anlæg, f.eks. reaktorkernen på et kernekraftværk. Udslippet vil bestå af en blanding af kort- og langlivede radioaktive fissionsprodukter og kan føre til akutte stråleskader, sene stråleskader i et større område samt medføre alvorlige miljøkonsekvenser.
6 Alvorlig ulykke	Udslip til omgivelserne af radioaktivt materiale. Udslippet vil typisk kræve fuld iværksættelse af modforholdsregler for at modvirke alvorlige stråleskader.
5 Ulykke med risiko for omgivelserne	Udslip til omgivelserne af begrænsede mængder radioaktivt materiale. Udslippet vil typisk kræve delvis iværksættelse af modforholdsregler for at mindske sandsynligheden for stråleskader. Alvorlig skade på det nukleare anlæg, f.eks. skade på en stor del af en reaktorkerne, et stort kritikalitetsuheld, eller en brand, hvor større mængder radioaktivt materiale frigives inden for anlægget.
4 Ulykke uden risiko for omgivelserne	Udslip til omgivelserne af mindre mængder radioaktivt materiale, resulterende i strålingsdoser til de mest udsatte personer på nogle få millisievert (mSv). Udslippet kræver næppe iværksættelse af modforholdsregler, bortset fra eventuel lokal fødevarekontrol. Større skader på et kernekraftværk, f.eks. en delvis kernenedsmeltning, eller tilsvarende hændelser på andre nukleare anlæg. Bestråling af en eller flere arbejdere på anlægget, som medfører en stor sandsynlighed for dødsfald.
3 Alvorlig hændelse	Radioaktivt udslip til omgivelserne ud over de tilladte værdier, resulterende i strålingsdoser til de mest udsatte personer udenfor anlægget på nogle tiendedele af en millisievert. Udslippet vil muligvis ikke nødvendiggøre iværksættelse af modforholdsregler. Hændelse, hvor strålingsdoser til en eller flere arbejdere på anlægget kan føre til akutte stråleskader; hændelse som resulterer i en alvorlig radioaktiv forurening af et område indenfor anlægget. Hændelse med store svigt i sikkerhedssystemet, hvor yderligere svigt af sikkerhedssystemet kan føre til en ulykke.
2 Hændelse	Hændelse med store svigt i sikkerhedsforholdene, men med tilstrækkelig dybdeforsvar tilbage til at modstå yderligere svigt. Hændelse hvor en eller flere arbejdere får en strålingsdosis, der overskrider den tilladte årlige grænseværdi; hændelse som resulterer i en betydende radioaktiv forurening i dele af anlægget.
1 Uregelmæssighed	Hændelse, hvor betingelserne for drift overskrides, f.eks. ved afvigelse fra tekniske specifikationer eller brud på transport-regulativer, men hvor dybdeforsvaret fortsat er betydeligt.

APPENDIKS B: Internationale organisationer

EURATOM

EURATOM er en af EU's oprindelige traktater. Hovedelementerne i traktaten er strålingsbeskyttelse af såvel arbejdstagere som befolkningen i almindelighed, forsyning med fissile materialer, sikring af sådanne materialer mod misbrug til uautoriserede formål (safeguards) og generelle aspekter som forskning og formidling af information. Sikkerhed ved drift af nukleare anlæg og håndtering af radioaktivt affald har primært været nationale anliggender med internationalt samarbejde omkring standardisering og "best practice" m.m. I de senere år har kommissionen imidlertid også taget initiativer på disse områder, f.eks. har den i 2003 foreslået direktiver vedr. sikkerhed ved nukleare anlæg og håndtering af radioaktivt affald.

<http://euratom.org>

IAEA

International Atomic Energy Agency (IAEA) er en international organisation under FN, som har til formål at fremme det internationale videnskabelige og teknologiske samarbejde om den fredelige udnyttelse af nuklear teknologi, herunder kernekraft-teknologi. Organisationen blev grundlagt i 1957 som en kulmination af de internationale bestræbelser for at følge op på Præsident Eisenhowers "Atoms for Peace" program fra 1953. Med udgangen af 2006 havde organisationen 144 medlemsstater og der var indgået safeguard aftaler med 156 lande.

IAEA formidler overførsel af nuklear teknologi og viden på området til udviklingslandene. IAEA udvikler standarder inden for nuklear sikkerhed og arbejder derigennem på at opnå og vedligeholde et højt niveau for sikkerheden ved nuklear energiproduktion og for beskyttelsen af mennesker og miljø mod de skadelige virkninger af ioniserende stråling. Som et led i ikke-spretningsaftalen (NPT) overvåger IAEA, at de nukleare anlæg og materialer, som medlemsstaterne har tilmeldt IAEA's inspektionssystem, kun anvendes til fredelige formål.

IAEA har hovedkvarter i Wien, Østrig, hvor der er ansat ca. 2300 medarbejdere.

www.iaea.org

www.iaea.org/programmes/a2/index.html: IAEA's Nuclear Power Reactor Information System (PRIS), med data om verdens kernekraftværker mv.

www-news.iaea.org/news: IAEA's Nuclear Events Web-based System, med information om INES-hændelser.

OECD/NEA

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) er udsprunget af Organisation for European Economic Co-operation (OEEC), som blev oprettet for at administrere Marshall-planen for den europæiske genopbygning efter 2. verdenskrig. OECD har i dag 30 medlemslande, der alle bekender sig til en demokratisk styreform og markedsøkonomi. OECD's opgave er at støtte medlemslandenes økonomiske og administrative udvikling og fremme samarbejdet mellem landene inden for økonomi, uddannelse, teknologi og forskning m.m. Nuclear Energy Agency (NEA) er en organisation inden for OECD. NEA's formål er at støtte medlemslandenes fortsatte udvikling af det videnskabelige, teknologiske og

lovgivningsmæssige grundlag for en sikker, miljøvenlig og økonomisk udnyttelse af kerneenergien til fredelige formål. NEA har et tæt samarbejde med EU-kommissionen og en samarbejdsaftale med IAEA. NEA samarbejder også med ikke-medlemslande i Central- og Østeuropa. NEA har i dag 28 medlemslande.

NEA støtter en række samarbejdsprojekter medlemslandene imellem vedrørende nuklear sikkerhed, strålingsbeskyttelse, håndtering af radioaktivt affald og dekommissionering m.m. NEA har sit hovedsæde i Paris, Frankrig. Arbejdet er organiseret i en række komitéer med deltagelse af mere end 500 eksperter fra medlemslandene.

www.nea.fr

UNSCEAR

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) er en videnskabelig komite under FN. Den blev etableret i 1955 som reaktion på de atmosfæriske prøvesprængninger af nukleare våben og det medfølgende globale radioaktive nedfald. Det er komiteens opgave at indsamle og evaluere information om niveauerne af ioniserende stråling og radioaktivitet stammende fra både menneskeskabte og naturlige kilder og at studere de mulige virkninger på mennesker og miljø.

UNSCEAR består af videnskabsmænd fra 21 medlemslande. Danmark er ikke medlem. De 21 medlemslande har hver én repræsentant i komiteen. Komiteen og sekretariatet arbejder sammen med videnskabsmænd over hele verden for at etablere databaser over eksponeringer til ioniserende stråling og information om eksponeringernes virkning. UNSCEAR's hovedsæde ligger i Wien.

www.unscear.org

WENRA

Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA) er en sammenslutning af lederne af en række vesteuropæiske landes nukleare tilsynsmyndigheder. Sammenslutningen omfatter Belgien, Bulgarien, Finland, Frankrig, Holland, Italien, Litauen, Rumænien, Schweiz, Slovakiet, Slovenien, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tjekkiet, Tyskland og Ungarn. Sammenslutningens formål er at udvikle en fælles tilgang til kernekraftsikkerhed med hovedvægten på EU-området.

www.wenra.org

WANO

The World Association of Nuclear Operators (WANO) er en global forening af alle selskaber, der driver kernekraftværker. WANO formidler samarbejde og udveksling af driftserfaringer mellem operatørerne med det formål at opnå den højest mulige sikkerhed og pålidelighed for kernekraftværkerne.

www.wano.org.uk

WNA

The World Nuclear Association (WNA) er en global samarbejdsorganisation for industrivirksomheder, der arbejder inden for den nukleare industri, omfattende kernekraftværker og alle aspekter af brændselskredsløbet. WNA's formål er at være det globale forum for den nukleare industri og at informere om nukleare spørgsmål.

www.world-nuclear.org

Nordiske myndigheder

Beredskabsstyrelsen, Danmark

www.brs.dk

www.brs.dk/nuc/default.asp: Beredskabsstyrelsens Nukleare Kontor; oplysninger om det danske atomberedskab.

www.info.nucinfo.dk/denmark: Nucinfo, Beredskabsstyrelsens informationsværktøj vedrørende nukleare forhold.

Statens Institut for Strålehygiejne (SIS), Danmark

www.sis.dk

Geislavarnir Ríkisins, Island

www.gr.is

Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK), Finland

www.stuk.fi

Statens Strålevern, Norge

www.nrpa.no

Statens kärnkraftinspektion (SKI), Sverige

www.ski.se

Statens Strålskyddsinstitut (SSI), Sverige

www.ssi.se

APPENDIKS C: Anvendte forkortelser

ABR	Advanced Burner Reactor
ABWR	Advanced Boiling Water Reactor, den avancerede kogendevandsreaktor
AECL	Atomic Energy of Canada Ltd
AEOI	Atomic Energy Organization of Iran
AGR	Advanced Gas-cooled Reactor, den engelske, avancerede gaskølede reaktor
ANP	Advanced Nuclear Power
AP-1000	Westinghouse's Advanced Power reactor (PWR) på 1000 MWe
APR-1400	Syd-koreansk Advanced Power Reactor (PWR) på 1400 MWe
APWR	Advanced Pressurized Water Reactor
Areva	Fransk kerneenergikonsern
ARGOS	Accident Reporting and Guiding Operational System, Beredskabsstyrelsens beslutningsstøtteprogram
ASE	Atomstøtueksport, russisk firma, der eksporterer kernekraftværker
Atomprom	Ny russisk kerneenergikonsern
BATAN	Indonesiens nationale atomenergiagentur
BN	Hurtig reaktor (russisk)
BNFL	British Nuclear Fuels Ltd, britisk, statsligt kernebrændsels- og reaktorfirma
BNG	British Nuclear Group, datterselskab af BNFL, der skal stå for dekommissioneringen af Magnoxenhederne
BP	Bruce Power
BRS	Beredskabsstyrelsen
BWR	Boiling Water Reactor, kogendevandsreaktor
CANDU	Canadian Deuterium Uranium, den canadiske tungtvandsreaktor af trykrørstypen
CAREM	Lille, integral PWR af argentinsk design
CBRN	Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, (kemiske, biologiske, radiologiske, nukleare)
CDU	Christlich-Demokratische Union, tysk politisk parti
CFTC	Consolidated Fuel Treatment Centre
CNNC	China National Nuclear Corporation, kinesisk reaktorfirma
CNP-1000	China Nuclear Plant 1000, kinesisk 1000 MWe PWR enhed
COL	Construction and Operation Licence, kombineret amerikansk bygge-driftstilladelse
CO ₂	Kuldioxid
CSU	Christlich-Soziale Union, tysk politisk parti
DDP	Demonstration Power Plant (PBMR)
DOE	Department of Energy, det amerikanske energiministerium
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development, den europæiske udviklingsbank for Central- og Østeuropa
EdF	Electricité de France, det franske, statslige el-selskab
ENEL	Italiensk el-selskab
EPR	European Pressurized Reactor, trykvandsreaktor udviklet i et samarbejde mellem Framatome og Siemens
EPZ	Hollandsk el-selskab
ESBWR	Economic Simplified Boiling Water Reactor, økonomisk, forenklet kogendevandsreaktor
Eskom	Sydafrikansk el-selskab

ESP	Early Site Permit, forhåndsgodkendelse i USA af arealer til bygning af kernekraftenheder
EURATOM	European Atomic Energy Treaty, EU traktat om atomenergi
FBR	Fast Breeder Reactor, hurtig formeringsreaktor
GCR	Gas Cooled Reactor, gaskølet reaktor
GE	General Electric, amerikansk reaktorfirma
GIF	Det USA-ledede internationale Generation IV Forum
GJ/h	Gigajoule pr time
GNEP	Global Nuclear Energy Partnership
GWe	Gigawatt elektrisk
HTR	High Temperature Reactor
IAEA	International Atomic Energy Agency, FN's atomenergiagentur
IEA	International Energy Agency, OECES energiagentur
INES	International Nuclear Event Scale, international skala for radiologiske og nukleare uheld
INPRO	Russisk initieret internationalt program for udvikling af nye reaktortyper inden for rammerne af IAEA
ISF	Intermediate Storage Facility, mellemlager for udbrændt brændsel
KEDO	Korean peninsula Energy Development Organization, organisation, der forestod bygning af to PWR-enheder i Nordkorea
KHNPC	Korea Hydro & Nuclear Power Company
KLT	Russisk trykvandsreaktortype
KRL	Khan Research Laboratory, Pakistan
kV	Kilovolt
kWe	Kilowatt elektrisk
kWh	Kilowatt-time
LWR	Light Water Reactor (BWR og PWR)
MPC&A	Material Protection, Control and Accounting
MOX	Mixed OXide fuel, reaktorbrændsel fremstillet af en blanding af plutonium- og urandioxid
MWe	Megawatt elektrisk
MWt	Megawatt termisk
Nagra	National Cooperative for the Storage of Radioactive Waste
NEA	Nuclear Energy Agency, OECD's kerneenergiorganisation
NEK	Bulgarsk statsligt el-selskab
NEWS	Nuclear Events Web-based System, IAEA's hjemmeside med meddelser om nukleare hændelser
NOST	National Operativ Stab
NPT	Non Proliferation Treaty, ikke-spredningsaftalen
NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA's reaktorsikkerhedsmyndighed
NSG	Nuclear Suppliers Group
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
QEEC	Organisation for European Economic Co-operation
OKBM	Experimental Engineering Design Bureau, russisk reaktordesign firma
OPG	Ontario Power Generation, canadisk elselskab
OPR-1000	Sydkoreansk Optimized Power Reactor (PWR) på 1000 MWe
PBMR	Pepple Bed Modular Reactor, højtemperatur reaktor med kugleformede brændselelementer
PHWR	Pressurized Heavy Water Reactor, tungtvands-modereret trykvandsreaktor
PWR	Pressurized Water Reactor, trykvandsreaktor
RAO-ESS	Det russiske el-distributionsselskab

RBMK	Reaktor-stor-effekt-kanaltype, russisk reaktor med grafit moderator og kogendevandskøling (Tjernobyl-typen)
REA	Det russiske statslige el-selskab for kerneenergi
Rosatom	Det føderale russiske atomenergiagentur
RWE	Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk, tysk el-selskab
SIS	Statens Institut for Strålehygiejne
SKI	Statens kärnkraftinspektion, den svenske reaktorsikkerhedsmyndighed
SMART	System-integrated Modular Advanced Reactor, mindre koreansk PWR-enhed til eksport
SPD	Sozialdemokratische Partei Deutschlands, tysk politisk parti
SSI	Statens StrålskyddsInstitut (Sverige)
STUK	Den finske myndighed for nuklear- og strålingssikkerhed
SWU	Separative Work Unit, uranberigningsenhed
Tenex	Technabexport, russisk firma, der står for eksport af kernebrændsel
TNT	Trinitrotuleol, sprængstof
TVA	Tennessee Valley Authority, amerikansk elektricitetsselskab
TVEL	Russisk reaktorbrændselsproducent
TVO	Teollisuuden Voima Oy, finsk el-selskab
TWh	Terawatt-time. 1 TWh = 1 milliard kWh
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, videnskabelig komité under FN om virkninger af stråling
USD	Amerikanske dollar
US EPR	Amerikansk udgave af den franske EPR
VBER-300	Russisk trykvandsreaktortype
VVER	Vand vand energi reaktor, russisk udgave af trykvandsreaktoren
VVM	Vurdering af Virkninger på Miljøet
WANO	World Association of Nuclear Operators, global organisation for el-selskaber med kernekraftværker
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
WNA	The World Nuclear Association, global sammenslutning af virksomheder inden for den nukleare industri

Risøs forskning skal være med til at løse konkrete problemer.

Vi sætter mål for forskningen gennem løbende dialog med erhvervsliv, det politiske system og forskere.

Effekten af vores forskning er bæredygtig energiforsyning og ny teknologi til sundhedssektoren.

